

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

**Universitat Politècnica de Catalunya**

Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona

Departament de Construccions Arquitectòniques I

**Efecto del comportamiento espacio-temporal de la  
población sobre la estructura de actividades en la ciudad.**

**Un acercamiento a los ritmos urbanos de Barcelona  
2001-2006.**



Tesi presentada per obtenir el grau de doctor per:

Jorge Francisco Cerda Troncoso

Director: Dr. Carlos Marmolejo Duarte

**Doctorat en Gestió i Valoració Urbana i Arquitectònica**

Barcelona, 2012

**Universitat Politècnica de Catalunya**

Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona

Departament de Construccions Arquitectòniques I

**Efecto del comportamiento espacio-temporal de la  
población sobre la estructura de actividades en la ciudad.  
Un acercamiento a los ritmos urbanos de Barcelona  
2001-2006.**

Clave UNESCO: 6201.03/3327.03/3329.00/5404.01

Tesi presentada per obtenir el grau de doctor per:

Jorge Francisco Cerda Troncoso

Director:

Dr. Carlos Marmolejo Duarte

**Doctorat en Gestió i Valoració Urbana i Arquitectònica**

Barcelona, 2012

La presente tesis doctoral ha sido desarrollada con el apoyo del Comisionado para Universidades e Investigación del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la Generalidad de Cataluña y del Fondo Social Europeo.

El autor ha sido beneficiado por la beca de estudios de Doctorado en el Extranjero por Gestión Propia (convocatoria del año 2007), en el marco del Programa de Formación de Capital Humano Avanzado, de la Comisión Nacional de Investigación en Ciencia y Tecnología (CONICYT), del Ministerio de Educación del Gobierno de Chile.



## Resumen

El tema de investigación de la tesis doctoral surge como consecuencia de una sucesión de investigaciones anteriores, en las cuales se ha construido y utilizado un concepto denominado "probabilidad funcional", para explicar la estructura espacial de densidades residenciales. Como su nombre lo dice, este indicador mide la probabilidad de que un individuo, que se enfrenta a un tiempo de acceso hacia una determinada actividad, decida asumir dicho costo de tiempo y realizarla. El **problema de investigación** surge de la pregunta inversa, es decir, conocer cuál es el efecto de la probabilidad funcional de los individuos en la estructura locativa de las actividades residenciales y económicas, pero considerando la probabilidad tanto del tiempo de acceso, como de la duración de la actividad.

La **hipótesis** plantea que el comportamiento de los usuarios en la ciudad, que se sintetiza en su probabilidad funcional del tiempo de viaje y duración de la actividad, influye directamente en las lógicas locacionales de las actividades residenciales y económicas. El corolario es que dicha tensión funcional que une las actividades, unido a la evolución tecnológica ya sea del acceso (transporte), como en el desarrollo de las actividades, han producido distintas estructuras territoriales locativas.

El **objetivo principal** de la investigación es verificar la relación entre la estructura locativa de las actividades (residenciales y económicas), y la funcionalidad de los individuos, considerando el acceso y el desarrollo a la actividad de forma conjunta.

La **metodología** se divide en dos partes. Una primera parte teórica, en donde se construye la base conceptual y de entendimiento del problema, de la que resulta la base técnica de medición de la funcionalidad de las actividades. La segunda parte es empírica, y se ocupa de cuantificar la funcionalidad de los individuos, aplicando un enfoque de cadena de viaje (trip chain), y de geografía del tiempo para procesar y analizar encuestas de viajes basadas en el hogar de la Región Metropolitana de Barcelona (para los años 2001 y 2006). Se construyen una serie de índices para caracterizar estas cadenas de viaje, y los ritmos temporales y espaciales que imprimen a la ciudad (secuencia de actividades, secuencia de modos de transporte, probabilidad de transición entre actividades, distribuciones estadísticas de tiempos y distancias, probabilidad funcional, coexistencia espacial de actividades y clases sociales).

Los **resultados** indican que: 1) La funcionalidad cotidiana de la RMB ha pasado de una marcada pendularidad uni-funcional en el año 2001, a una aún tenue pendularidad multi-funcional (distintas actividades) en el año 2006, ejerciendo el hogar el efecto lanzadera, y 3) Las probabilidades funcional sintetizan el comportamiento tanto del acceso como del desarrollo de la actividad en términos temporales, mostrando marcadas diferencias entre las actividades ocupacionales (trabajo y estudio) en relación a las actividades sociales. El día no laboral experimenta expansión de los tiempos consumidos en estas últimas actividades.

Finalmente se demuestra que son, entre otras variables, las funcionalidades agregadas (densidad de personas y de tiempo), y en algunos casos la funcionalidad individual (duración de la actividad, y probabilidades funcionales parciales y conjunta), las que participan en la explicación de la distribución espacial de las densidades construidas de las actividades (residenciales y económicas).

Las **conclusiones** más relevantes de la tesis se refieren a que el concepto de probabilidad funcionalidad enriquece al tradicional concepto de accesibilidad, al incorporar el comportamiento real de los usuarios, se trata por tanto de una accesibilidad social. Los tradicionales paradigmas de causalidad y de capacidad de transporte deben reenfocarse hacia concepciones dialécticas del rol social del transporte en la ciudad, y en definitiva de cómo se condiciona (en parte) el cómo-cuando-donde las personas utiliza, goza, vive, o son víctimas de la ciudad.

## Abstract

The research topic of the thesis arises from a succession of previous research in which has been built and used a concept called "functional probability" to explain the spatial structure of residential densities. This indicator measures the probability that a person have, considering an access time to a particular activity, to spend the time and to do it. The **research problem** arises from the reverse question, to knowing the effect of the functional probability of people in the spatial structure of household and activities, but considering the probability of both, the access time and the duration of activity.

The **hypothesis** is that the behaviour of users in the city, which is synthesized in the Functional probability of access time and activity duration, influences directly the locations of household and activities. The corollary is that this functional force (related to time and personal conditions) that connecting activities, coupled with technological developments in access mode (transport) or inside the activities can produce different spatial structures of activities.

The **main objective** of this research is to verify the relationship between the spatial structure of activities (household and economic activities), and the functional probability of access and duration.

The **methodology** is divided into two parts. The first is a theoretical part, where people behaviour is included in a microeconomic model, in order to get an idea of the possible effects on the activities optimal location. The second part is empirical, and deals to quantify the functionality of people in the city, applying a trip chain and a time geography approach, to process and analyze two household travel survey of the Metropolitan Region of Barcelona (2001 and 2006). The methodology built several indices to characterize the activity chains, and the temporal and spatial rhythms that impose to the city (sequence of activities, sequence of modes, transition probability between activities, statistical distributions of times and distances, functional probability, spatial coexistence of people by activities and social classes).

The **results** show that: 1) The activity chains experiment a distance contraction, and a relatively minor contraction of travel times (because walking become more participation), 2) Daily functionality of Barcelona has gone from a strong uni-functional pendularity in 2001 to a still tenuous multi-functional pendularity (different activities) in 2006, being the household the hub of the pendularity, and 3) the functional probability has decreased significantly for access times less than 40 minutes, while the functional probability of durations have remained relatively constant.

Finally the research show that the functional probability of access and duration is more significant, gains partial probabilities, or traditional indicators of accessibility, in the explanation of household and activities density.

The most relevant conclusions of the thesis are that the concept of functional probability enriches the traditional concept of accessibility, incorporating the real behaviour of people, giving the social dimension of accessibility. The traditional paradigms of causality and capacity of the transport approach must be redirect to a dialectical conception of the social role of transport in the city, and ultimately, how it affects (in part) the how-when-where people use, enjoy, live, or be a victim of the city.

*.....En el tiempo no existe olvido; no, el tiempo jamás olvida ni el más leve movimiento, respiración o capricho. Y todo lo que se ha guardado en la memoria del tiempo, está profundamente grabado sobre las cosas del espacio.*

*La misma tierra que pisáis, el propio aire que respiráis, las propias casas donde moráis, podrían fácilmente revelaros los más mínimos pormenores del registro de vuestras vidas (pasadas, presentes y futuras) si tuvieseis la capacidad de leer y la perspicacia de captar el sentido....*

*Del Libro de Mirdad*

*.....Esta tesis está dedicada a mis amores, ya que fue con ellas y ellos con quienes viví experiencias de vida que nos marcaran para siempre. Fueron ellos los afectados por esta tesis, y por la vida que en ella deje. Y serán ellos los que al final podrán evaluar los resultados de esta aventura.....*

*A Lena mi amor, Milena mi alegría, Belén mi sentimiento, Santiago mi compañero,  
Tomás mi corazón, y a mi propio Dios..... que es el mismo de todos.*

## Agradecimientos

Tanto el trabajo desarrollado en el marco de esta tesis, como otros trabajos desarrollados en el ámbito de la investigación aplicada, contaron con el gran apoyo, directo e indirecto, de muchos profesionales investigadores del Centro de Política del Suelo y Valoraciones, de la Universidad Politécnica de Cataluña, los que merecen un gran reconocimiento, y un aún mayor agradecimiento.

En primero lugar quiero agradecer al Dr. Carlos Marmolejo por su apoyo, su confianza, y su ejemplo de rigurosidad científica y de calidad en la docencia. Gracias por los desafíos emprendidos, por el cariño recibido, y seguiremos en esta línea de trabajo en conjunto.

Agradezco al Dr. Josep Roca por su gran apoyo en todos los sentidos, y por hacer posible mi estadía de investigación y la experiencia de vida que, junto a mi familia, tuvimos en Barcelona.

Por último agradezco a la "familia" del CPSV, y en especial el gran corazón y cariño recibido de Magda Ullied y Malcolm Burns. También agradezco el apoyo de Pilar García-Almirall, Rolando Biere, y sobre todo de Montserrat Moix quien también participo en algunos cálculos específicos para esta tesis. Finalmente agradecer a mis compañeros investigadores Yraida, Claudia, Manuel, Conchi, Mónica, Pau, Blanca, Alejandro, Juan, y a la nueva generación de investigadores como son Nancy, Moira, Camilo, y Eduardo.

Mucho éxito y gracias a todos.

## Tabla de contenidos

<b>CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I.1- Antecedentes de la investigación</b>	<b>1</b>
<b>I.2.- Problema de investigación</b>	<b>7</b>
<u>1.2.1.- Potencialidad teórico-urbana del enfoque de funcionalidad de las actividades</u>	8
1.2.1.1.- <i>La dispersión de la ciudad y la funcionalidad urbana</i>	8
1.2.1.2.- <i>Función, centralidad, y funcionalidad urbana</i>	10
1.2.1.3.- <i>La visión de redes y la funcionalidad urbana</i>	11
1.2.1.4.- <i>La movilidad, el transporte, y la funcionalidad urbana</i>	12
<u>1.2.2.- Porqué es relevante el análisis de la funcionalidad urbana en la actualidad</u>	15
<b>I.3.- Hipótesis de investigación y objetivos</b>	<b>17</b>
 <b>CAPÍTULO II.- ESTADO DEL ARTE EN EL AMBITO DE INVESTIGACION</b>	 <b>19</b>
<b>II.1.- Revisión del estado del arte en aspectos de la funcionalidad Urbana</b>	<b>19</b>
<u>2.1.1.- Línea de investigación en la sociología del tiempo (el uso del tiempo)</u>	19
<u>2.1.2.- Línea de investigación en la sociología del espacio (el espacio de la movilidad)</u>	27
2.1.2.1.- <i>Movilidad espacial y construcción del lugar</i>	28
2.1.2.2.- <i>Relación entre movilidad espacial y movilidad social. El concepto de motilidad</i>	31
2.1.2.3.- <i>Otras líneas de investigación que se basan en el comportamiento espacial de las personas</i>	35
<u>2.1.3.- Línea de investigación en la Geografía del tiempo</u>	37
2.1.3.1.- <i>Principios y elementos de la geografía del tiempo</i>	37
2.1.3.2.- <i>Los estudios empíricos con base en la geografía del tiempo</i>	41
<u>2.1.4.- Línea de investigación en transporte y movilidad</u>	44
2.1.4.1.- <i>Evolución de los modelos de demanda de viajes</i>	48
Modelos de usos de suelo y transporte	48
Modelos de demanda de viajes basados en actividades	51

<u>2.1.5.- La línea de investigación en accesibilidad</u>	56
<i>2.1.5.1.- Los conceptos y definiciones</i>	56
<i>2.1.5.2.- Las dimensiones de la accesibilidad</i>	59
<b>II.2.- Revisión del estado del arte en aspectos de localización y estructura de actividades</b>	<b>63</b>
<u>2.2.1.- Algunos antecedentes de la evolución histórica de las ciudades desde el punto de vista de su estructura de actividades y de su funcionalidad</u>	66
<u>2.2.2.- Modelación y detección de estructura urbanas</u>	70
<i>2.2.2.1.- Los modelos de usos de suelo</i>	70
Modelos de ecología urbana	70
Modelos de estructura espacial con base económica	71
Modelo gravitacional con base económica	71
Modelos de economía urbana	71
Otros modelos territoriales	73
<i>2.2.2.2.- Métodos de medición de estructuras urbanas</i>	74
Métodos basados en densidad	75
Métodos basados en flujos	76
<b>CAPÍTULO III.- BASE CONCEPTUAL Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>79</b>
<b>III.2.- Base conceptual de la investigación</b>	<b>79</b>
<u>3.2.1.- Análisis crítico del estado del arte</u>	79
<u>3.2.2.- Base conceptual</u>	82
<i>3.2.2.1.- Lefebvre y su análisis de los ritmos (Rhythmanalysis)</i>	83
<i>3.2.2.2.- Los paradigmas de entendimiento de la relación entre estructura urbana y transporte, de lo causal a lo dialéctico</i>	87
<u>3.2.3.- Base técnica</u>	90
<b>III.3.- Base metodológica de la investigación</b>	<b>94</b>
<u>3.3.1.- Área de estudio</u>	94
<u>3.3.2.- Información utilizada</u>	95
<i>3.3.2.1.- Información de cadena espacio-temporal de actividades de la población</i>	95
<i>3.3.2.2.- Información de actividades urbanas localizadas</i>	99
<i>3.3.2.3.- Información cartográfica y SIG</i>	100
<u>3.3.3.- Procesamiento de la información</u>	101

<u>3.3.4.- Metodología de cuantificación de la funcionalidad urbana</u>	103
3.3.4.1.- <i>Caracterización de la funcionalidad de las personas, la cadena diaria de actividades</i>	103
3.3.4.2.- <i>Caracterización de la funcionalidad de las actividades</i>	105
Indicadores de funcionalidad individual	105
Indicadores de funcionalidad agregada	108
3.3.4.3.- <i>Caracterización de la funcionalidad de la ciudad, ritmo urbano</i>	110
3.3.4.4.- <i>Síntesis metodológica de la caracterización de la funcionalidad urbana</i>	114
 <u>3.3.5.- Metodología para relacionar la estructura de actividades y la funcionalidad urbana</u>	 115
 <b>CAPÍTULO IV.- RESULTADOS EMPIRICOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	 <b>121</b>
<b>IV.1.- Presentación de la RMB en el contexto de Cataluña</b>	<b>121</b>
<b>IV.2.- Caracterización de la funcionalidad urbana de las actividades en la RMB, año 2001</b>	<b>134</b>
<u>4.2.1 Las cadenas de actividades</u>	134
<u>4.2.2 La funcionalidad de las actividades</u>	145
4.2.2.1 <i>Características espaciales y temporales de las actividades</i>	145
4.2.2.2 <i>Probabilidad funcionalidad de las actividades</i>	150
4.2.2.3 <i>Características de intensidad y diversidad social de las actividades</i>	164
4.2.2.4 <i>Intensidades territoriales de las actividades</i>	167
4.2.2.5 <i>Protosistemas funcionales de las actividades</i>	172
<u>4.2.3 Caracterización del ritmo urbano; la funcionalidad urbana</u>	175
 <b>IV.3.- Caracterización de la funcionalidad urbana de las actividades en la RMB, año 2006</b>	 <b>187</b>
<u>4.3.1 Las cadenas de actividades</u>	187
<u>4.3.2 La funcionalidad de las actividades</u>	197
4.3.2.1 <i>Características espaciales y temporales de las actividades</i>	197
4.3.2.2 <i>Probabilidad funcionalidad de las actividades</i>	201
4.3.2.3 <i>Características de intensidad y diversidad social de las actividades</i>	213
4.3.2.4 <i>Intensidades territoriales de las actividades</i>	216
4.3.2.5 <i>Protosistemas funcionales de las actividades</i>	221
<u>4.3.3 Caracterización del ritmo urbano; la funcionalidad urbana</u>	223

<b>IV.4.- El efecto del comportamiento de la población, la funcionalidad de las actividades, y los ritmos urbanos en la estructura locativa de las actividades urbanas</b>	<b>231</b>
<u>4.4.1.- Resultados de la calibración de modelos econométricos</u>	233
4.4.1.1 <i>Modelo de densidad de superficie construida residencial</i>	234
4.4.1.2 <i>Modelo de densidad de superficie construida de industrias</i>	239
4.4.1.3 <i>Modelo de densidad de superficie construida de educación</i>	243
4.4.1.4 <i>Modelo de densidad de superficie construida de comercios</i>	245
4.4.1.5 <i>Modelo de densidad de superficie construida de servicios</i>	248
4.4.1.6 <i>Modelo de densidad de superficie construida de actividades de ocio-recreación</i>	252
<b>IV.5 Consideraciones finales del capítulo</b>	<b>256</b>
 <b>CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE DESARROLLO</b>	<b>259</b>
<b>V.1.- Conclusiones</b>	<b>259</b>
<u>5.1.1.- Respecto de la verificación de la hipótesis de investigación</u>	259
<u>5.1.2.- Síntesis de los resultados obtenidos</u>	260
<u>5.1.3.- Respecto de la metodología desarrollada</u>	264
<u>5.1.4.- Respecto de las fuentes de información utilizada</u>	265
<u>5.1.5 Comentarios finales</u>	266
<b>V.2.- Líneas en desarrollo</b>	<b>269</b>
<u>5.2.1.- Línea de desarrollo ya comenzada</u>	269
<u>5.2.2.- Líneas de investigación por desarrollar</u>	271
 <b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>274</b>
 <b>ANEXOS</b>	<b>285</b>
Anexo II.1	285
Anexo II.2	289
Anexo II.3	293
Anexo II.4	296



## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Este capítulo tiene por objetivo presentar los antecedentes de investigación que condujeron a la identificación del problema de investigación de la tesis doctoral. Además, se presenta el problema de investigación para finalmente plantear la hipótesis y los objetivos de la investigación. También se presenta la estructura del documento.

#### I.1.- Antecedentes de la investigación

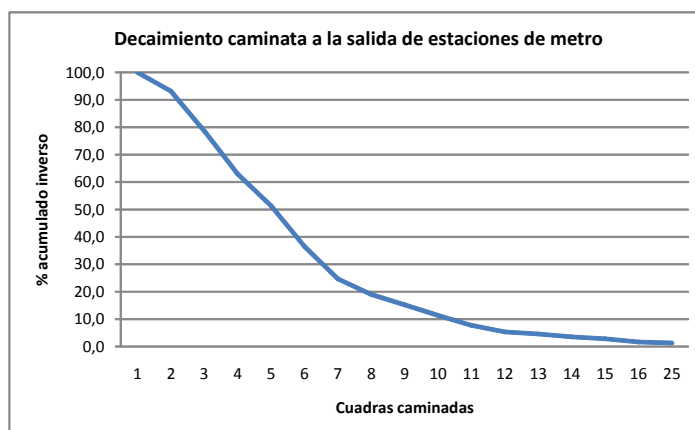
El tema de investigación abordado en esta tesis doctoral surge como consecuencia de una serie de investigaciones anteriores, las cuales a través de preguntas específicas, fueron entregando conclusiones que, lejos de aclarar las problemáticas, convergieron hacia preguntas más profundas y estructurales de investigación, en lo relacionado al entendimiento del fenómeno de crecimiento de las áreas metropolitanas.

En un primer trabajo (Cerde, 1993) se abordó la problemática de modelar el área de influencia de las estaciones de metro, con el objetivo de predecir el comportamiento del viaje a pie de las personas que salen de las estaciones hasta llegar a sus destinos. Los modelos econométricos calibrados en este trabajo consideraron las distintas actividades localizadas en los entornos de las estaciones (como actividades atractoras de los viajes), y los distintos propósitos a ser satisfechos en los destinos. Si bien el resultado de este trabajo fue la aplicación del modelo para determinar la mejor localización de futuras estaciones de metro, el comportamiento de decaimiento de la caminata (disminución del número de viajes en función de las cuadras caminadas hacia el destino), con diferenciación por propósito, generó una interrogante de investigación referida a si dicho comportamiento seguiría siendo válido a escalas territoriales mayores.

En las siguientes figuras se aprecia el comportamiento de las personas en el entorno de las estaciones de metro. En la figura I.1 se refleja claramente el concepto de fricción espacial, en el sentido que la probabilidad que llegue un peatón a una distancia mayor es muy baja, mientras que a una distancia menor es alta. En el estudio además se verificó que el comportamiento de dicha curva de fricción varía según la actividad a ser desarrollada en el destino.

**Figura I.1.-** Número de viajes por cuadra caminata hacia el destino, a partir de una estación de metro

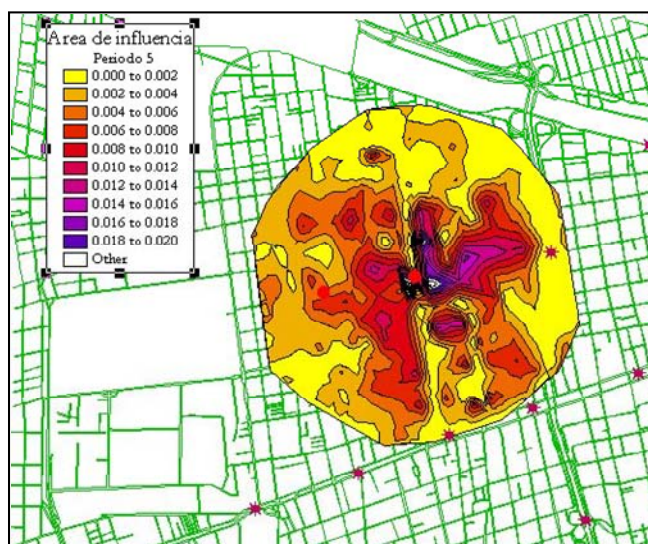
Cuadras	Viajes	Porcentaje acumulado inverso
1	9.791	100
2	20.843	93
3	22.453	79
4	16.748	63
5	21.214	51
6	16.931	37
7	8.076	25
8	5.497	19
9	5.528	15
10	5.199	11
11	3.402	8
12	1.017	5
13	1.566	5
14	1.014	4
15	1.711	3
16	554	2
17 - 32	1.842	1
<b>Total</b>	<b>143.386</b>	



Fuente: Cerda, 1993.

Por otra parte, en la figura I.2 se aprecia que el fenómeno antes descrito tiene un componente espacial diferenciado, ya que depende de la localización de las actividades en el entorno de la estación. Lo que se muestra en la figura son curvas de iso-probabilidad de caminata (los colores oscuros muestran una mayor probabilidad de llegada de un peatón).

**Figura I.2.-** Probabilidad de llegada de un peatón que sale de una estación de metro



Fuente: Cerda, 1993.

En relación a la pregunta sobre la validez de este comportamiento a escalas territoriales mayores, en investigaciones posteriores se abordó el tema de la localización de actividades (no residenciales) en la ciudad, y del área de influencia (o área de demanda) que estas actividades generaban a escala metropolitana. Estos trabajos indujeron la elaboración de una primera tesis de máster (Cerda,

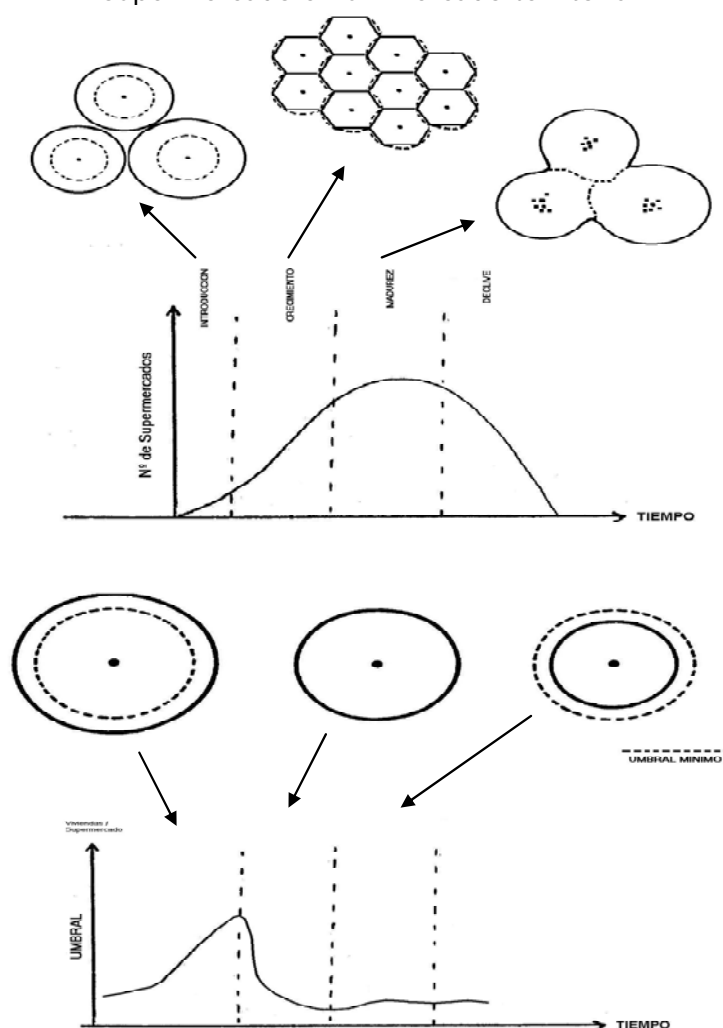
2001), enfocada a explicar las lógicas históricas de localización de los supermercados en la ciudad de Santiago de Chile. Dicha tesis abordó la explicación locativa de los supermercados desde el punto de vista de marketing estratégico (lógica comercial de las empresas), incorporando la dimensión espacial como factor generador de ventajas comparativas y/o competitivas. Lo anterior se refiere a que se identificaron distintas fases competitivas de la industria supermercadista en el tiempo, analizando para cada una de estas fases los distintos patrones de localización de los competidores.

Algunas de las conclusiones de esta investigación propusieron que la lógica de localización de los supermercados, en el tiempo y en el espacio, respondían (con algún grado de inercia temporal-espacial) al comportamiento dinámico de la densidad residencial (demanda principal hacia la cual se orientan los supermercados). Las inercias antes mencionadas respondían al requerimiento de ciertos umbrales de demanda (de factibilidad económica de este tipo de locales), que a su vez presentan comportamientos dinámicos en tiempo y espacio.

La gran conclusión de esta tesis fue el verificar que el Supermercado surge como un "producto" en el territorio, por lo que el número de ellos en un mercado territorial se comporta como el tradicional "ciclo de vida" de un producto cualquiera, respondiendo así a las lógicas competitivas de la industria supermercadista. También se verificó que el comportamiento de este ciclo de vida se difunde en el territorio en base a la maduración de la demanda en los mercados territoriales contiguos. En cada fase del ciclo de vida se generaba un patrón distinto de localización, siendo la lógica de localización inicial un patrón de áreas de demanda cautiva, separadas, y equidistantes (similares a los planteamientos teóricos de Christaller y Lösch). En el momento que el número de supermercados en un territorio (competencia) aumenta, generando áreas de demanda por bajo el umbral de factibilidad económica, el patrón locativo se recompone, surgiendo estructuras tendientes a la concentración o aglomeración (similar a los postulados de Hotelling en el mercado lineal).

En la secuencia expuesta (que se presenta a modo de esquema en la figura I.3), las fases claves para la actividad supermercadista en un mercado territorial son las fases de crecimiento y madurez, ya que en ella se logran las localizaciones que en fases posteriores ya no se pueden cambiar (pues el mercado de suelo pasa a ser más competitivo por la irrupción de usos no residenciales). Finalmente, el tener una buena localización se define en las fases de crecimiento y madurez, ya que se hace una apuesta de desarrollo futuro del mercado territorial.

**Figura I.3.-** Fases competitivas del ciclo de vida y patrón locacional del supermercado en un mercado territorial



Fuente: Cerda, 2001

Uno de los elementos más significativos que planteo esta tesis, en términos de investigación, fue la relevancia de la localización residencial (y su dinámica espacial) en la determinación de los patrones locativos competitivos. Específicamente surgió la necesidad de estudiar la dinámica locativa de la residencia, en tiempo y espacio. Este cuestionamiento originó una segunda tesis de máster (Cerda, 2007), cuyo objetivo fue entender la forma en que la residencia se difunde en el espacio urbano, y específicamente la problemática de localización continuo y/o dispersa.

Esta segunda tesis mostró una relativa ambigüedad respecto de lo que se entiende por "sprawl", y que paradójicamente, las urbanizaciones lejos del núcleo consolidado buscan mejores condiciones ambientales, de calidad de vida, y de precios del suelo, por lo que se transforma en un modelo espontáneo que se apoya en gran medida en la infraestructura de interconexión existente.

En este modelo espontáneo, la gestión inmobiliaria y las decisiones individuales resultan decisivas. Lo anterior demuestra que la discusión respecto del porqué existen zonas que no se desarrollan resulta ser de segundo orden en relación a entender (y detectar) cuáles son las condiciones que hacen desarrollables

territorios alejados (como para participar en el proceso de expansión urbana de las áreas metropolitana). Este enfoque de análisis obligó a pensar no solo en la periferia urbana como elemento de investigación, sino que entender cuál es el proceso que realmente se está dando en el continuo urbano, que hace que la periferia tenga un comportamiento específico (crecimiento contiguo o disperso).

La estrategia de detección de las condiciones de desarrollo urbano de los territorios se enfocó a analizar como el habitante (residente en un territorio específico) desarrolla distintas actividades en la ciudad para satisfacer las necesidades asociadas a la actividad de residir o habitar. Esta estrategia de análisis mostró que el patrón de desarrollo de las actividades que ofrece la ciudad es variable en el tiempo y el espacio, cosa que no logran resaltar los tradicionales análisis del uso del suelo (superficie construida, suelo normado, etc.).

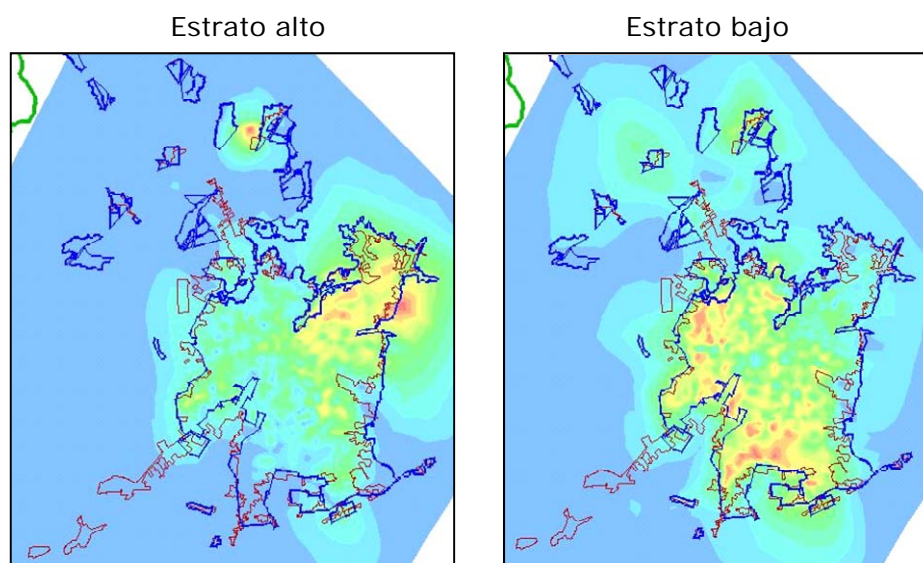
La metodología desarrollada para evaluar el comportamiento dinámico antes mencionado, se basó en la construcción de un indicador de accesibilidad llamado "probabilidad funcional", calculado en base a los tiempos de viaje de la población para acceder a distintas actividades (propósitos de los viajes). La idea de este indicador es sintetizar la disposición o probabilidad que una persona tiene de viajar un determinado tiempo para desarrollar una actividad específica en el destino. Su construcción es empírica, pues se basa en el comportamiento mostrado o revelado por los viajeros. Este nuevo indicador fue comparado con medidas tradicionales de acceso (distancia y tiempo de viaje) en su capacidad de explicar (a través de un modelo econométrico) la estructura espacial de la densidad residencial (diferenciada por estrato socioeconómico) en la ciudad de Santiago de Chile.

Los resultados mostraron que la densidad residencial responde en un alto porcentaje a la probabilidad funcional del acceso a las actividades, más que de la distancia, y el tiempo. Es decir, el comportamiento de las personas en su disposición (preferencia) a viajar un determinado tiempo, condiciona la localización residencial y su intensidad (densidad).

Por otra parte, la accesibilidad no es lo mismo que la conectividad, en el entendido que la conectividad se asocia directamente a la infraestructura, mientras que la accesibilidad se asocia al nivel de servicio que ofrece la red de interacción (tiempos, tarifas, frecuencias, confort, etc.). Así dicho, la tesis concluyó que el fenómeno sprawl es tan solo una deslocalización espacial de un trozo de ciudad, que, porque se dan las condiciones para mantener las funcionalidades dentro de unos umbrales temporales determinados, se localiza en zonas alejadas de la trama urbana consolidada.

En la figura 1.4 se aprecia la estructura espacial de la probabilidad de desarrollo residencial de la ciudad de Santiago, para el estrato socioeconómico alto y el bajo. Los colores de la escala del rojo dan cuenta de las mayores probabilidades de desarrollo residencial, y los azules de menores probabilidades.

**Figura I.4.-** Probabilidad funcional para el estrato alto y bajo en la ciudad de Santiago de Chile, año 2001



Fuente: Cerda, 2007

En un estudio posterior (Cerda y Marmolejo, 2010), se replicó la metodología para explicar, de forma comparativa, la estructura espacial de la densidad residencial en las áreas metropolitanas de Santiago y Barcelona.

La probabilidad funcional resultó ser la medida de acceso que mejor explica la estructura espacial de la densidad residencial en ambas ciudades. Aunque en Barcelona todas las medidas de acceso analizadas (distancia, tiempo, y probabilidad funcional) resultaron ser significativas en la explicación de la densidad residencial.

Lo anterior es interesante en el sentido que Barcelona y Santiago son áreas metropolitanas estructuralmente diferentes, siendo Santiago de mayor población, extensión, y número de viajes. También la estructura de Santiago es preferentemente monocéntrica, en comparación al relativo policentrismo de Barcelona.

Otra deducción interesante fue el hecho que, a pesar de las diferencias antes mencionadas, los valores de probabilidad funcional (del tiempo de viaje) asociados a las actividades de compras y estudio mostraron similitud estadísticas entre ambas ciudades, situación que no se produce para la actividad de trabajo.

Un problema de investigación que se generó con las conclusiones del estudio se refería a que en ciudades relativamente compactas, la estructuración espacial de las densidades residenciales es determinada indistintamente por tiempos, distancias y/o probabilidades funcionales, debido a que tanto tiempos como distancias están en los rangos probables de la disposición a viajar de los habitantes. En cambio, en ciudades extensas, solo la probabilidad funcional del territorio es la que permite explicar las densidades en el espacio, dejando de ser explicativos tanto la distancia como el tiempo. Lo anterior se debería a que se han superado los umbrales de disposición a viajar de distancias y tiempos, por lo que el fenómeno residencial responde a una geometría funcional y no física/temporal, es decir, la disposición de viaje de las personas condiciona la interacción y la localización.

Una condición que surge de las conclusiones anteriores, es que para que se genere el desarrollo residencial en una zona alejada, en el entendido que se deben cumplir los umbrales de accesibilidad (física, temporal, o funcional), necesariamente se debe dar un desplazamiento de las centralidades de actividades (donde se satisfacen los viajes). Lo anterior no necesariamente podría significar la deslocalización de las mayores densidades de estas actividades. Es esta la situación que conforma la base angular del problema de investigación de la presente tesis doctoral.

## **I.2.- Problema de investigación**

Como se dijo antes, el problema de investigación surge luego de verificarse la relación entre la densidad residencial y la probabilidad funcional del acceso a distintas actividades. Esta situación genera la pregunta inversa en el sentido de conocer cuál es el efecto de la probabilidad funcional en la estructura o patrón locativos de las actividades económicas y residencias, pero bajo un enfoque sistémico. Con esta pregunta se cierra el círculo de entendimiento de la localización de actividades, dejando abierto este sistema de relaciones al comportamiento de las personas en el desarrollo de dichas actividades.

Del momento que se comienza a conceptualizar de forma más profunda la probabilidad funcional construida, surge el cuestionamiento de si es correcto separar el viaje de acceso a la actividad, del desarrollo de ella. Al respecto, en las bases teóricas tradicional de análisis de transporte, uno de las características importantes que se reconocen al transporte es que *"es una demanda derivada, es decir, los viajes se producen por necesidad de llevar a cabo ciertas necesidades"* (Ortúzar 1998). A pesar de la anterior declaración de principios, históricamente el transporte se ha separado en términos analíticos de la actividad que lo requiere, y hasta en términos de mercado (el transporte ha conformado un mercado independiente).

Entonces, en principio, el problema de investigación enfrentaba la relación entre la localización y la funcionalidad de las actividades, entendida la funcionalidad como las características del acceso y del desarrollo de la actividad, deducidas del comportamiento de las personas. Pero en este punto inicial surgen varias dudas, que tienen que ver con la claridad conceptual del término *funcionalidad*, y con lo relevante que puede ser este enfoque en el contexto del urbanismo.

### 1.2.1.- Potencialidad teórico-urbana del enfoque de funcionalidad de las actividades

Con el fin de aclarar los cuestionamientos antes planteados se decidió realizar un análisis semántico de los distintos conceptos asociados al tema que se propone.

Es así que por **funcionamiento** se entiende a la *acción y efecto de funcionar*, que a su vez significa *ejecutar las funciones que le son propias*, siendo la **función** la *capacidad de actuar (tarea que le corresponde realizar)*, propia de seres vivos y máquinas.

Por otro lado la **funcionalidad** es la *cualidad de ser funcional*, y por **funcional** se dice a *todo aquello en cuyo diseño y organización se ha considerado sobre todo la facilidad, utilidad, y comodidad de su empleo (uso)*. La **utilidad** se refiere a la *cualidad de ser útil*, es decir, que trae o produce provecho, comodidad, fruto o interés.

Pero el que percibe la utilidad es el **usuario**, que es quien usa ordinariamente un elemento. Pero **usar** un elemento es *hacer servir dicho elemento para algo (desarrollar su función)*.

En el entendido anterior, un funcionamiento (desarrollo de las funciones propias, tanto parciales como global) puede ser poco o muy funcional (tener mala/buena funcionalidad), para un usuario (el que materializa la función).

Asociando lo anterior a la ciudad, el usuario de la ciudad es el que materializa la función de la misma, poniendo en funcionamiento sus actividades. La calidad funcional de dicho funcionamiento puede ser buena o mala, dependiendo de la facilidad, utilidad, y comodidad de su uso por parte del usuario. Las funciones de la ciudad se asocian a las actividades que el usuario desarrolla en ella.

**A modo de síntesis**, y para orientar los siguientes puntos que se presentan a continuación, por funcionalidad urbana se entenderá al funcionamiento de las actividades urbanas que satisfacen las necesidades cotidianas de la población. Pero el funcionamiento de una actividad se entiende en términos espaciales y temporales del acceso y del desarrollo de la actividad, características que surgen del comportamiento de las personas usuarias de la actividad.

A continuación se analizan algunos de los temas relevantes de nuestras actuales ciudades, en función del potencial aporte del concepto de funcionalidad urbana a su entendimiento. Esto servirá para aclarar tanto el concepto, como su marco de aplicación en temas urbanos.

#### *1.2.1.1.- La dispersión de la ciudad y la funcionalidad urbana*

Ya hace mucho que el crecimiento de la ciudad ha dejado de ser denso, continuo. Los trabajos de Berry (1976), Hall & Hay (1980) y Van der Berg (1982) han mostrado desde la década de los años 60 y 70, un claro proceso de suburbanización en las metrópolis norteamericanas y de Europa septentrional, y más reciente en las ciudades históricamente compactas de la Europa meridional. Las características de estos nuevos formatos son la baja densidad, la monoespecialización de los tejidos urbanos, la escasa jerarquización del espacio y la existencia de amplios intersticios de territorio infrautilizados.



Las distintas líneas de análisis urbano plantean que este formato de crecimiento genera una disminución de tierras agrícolas, un aumento en la congestión y tráfico, contaminación atmosférica, significativa pérdida de población en las áreas centrales, aumento de la segregación socio espacial, así también un aumento de los costos por infraestructura de servicios a estas zonas. Por lo que es visto como un modelo ineficiente e insostenible de desarrollo en la dimensión ambiental, económica y social.

Paradójicamente, el argumento de la población que participa del proceso de dispersión y difusión urbana tienen su origen en la búsqueda de mejores condiciones ambientales, calidad de vida, y precios del suelo más reducidos. Así, los crecimientos por dispersión norteamericanos, generalmente, son el resultado de una forma de vida determinada. Por otra parte, en Europa, donde también está presente este fenómeno, no hay consenso entre los expertos, que tal modelo exista, en tanto hay una cultura diferente de planeamiento urbano, y sobre todo, características económicas y culturales divergentes entre los propios países europeos y con EEUU.

En Europa esta forma de ocupación del territorio, responde a una sobre-posición de las actividades en los ámbitos periféricos que las han hecho pasar de rurales a urbanas, más que a una ocupación del espacio vacío por las actividades urbanas descentralizadas. Así, en la ciudad difusa, existen funciones plenamente urbanas, pero con una morfología más parecida a lo rural en tanto ha existido una sustitución física de las mismas funciones: las autopistas por calles, los centros comerciales por tiendas, los parques por áreas agrícolas fragmentadas, los bloques de piso por urbanizaciones residenciales, los sitios públicos de encuentro por equipamientos generalmente privados, etc.

Como corolario de este proceso, las fronteras entre lo que antes podía distinguirse como urbano, de aquello plenamente identificable como rural se han difuminado, avanzando hacia lo que García-Bellido ha llamado "una pantópolis universal", es decir, se ha avanzado hacia una ocupación universal del territorio a lo largo de las redes interurbanas de conexión.

Con la ruptura de la ciudad continua en la década de los 40-50, surge la imagen fragmentada y dispersa de la ciudad.

De lo anterior se puede resumir que la urbanización actual (dispersa) es un "resultado" del patrón de ocupación principalmente residencial de los distintos estratos socioeconómicos presentes en la ciudad, lo que influye en el patrón de localización de actividades no residenciales asociadas. Entonces, el proceso de urbanización centrifuga parte al interior del área urbana, dando paso a la sub-urbanización, y luego al formato disperso. Esta situación no trasunta a una contra-urbanización, ya que hasta ahora solo se da una deslocalización de parte de la ciudad, y no una descentralización como tal. El fenómeno de deslocalización se caracteriza por mantener toda la funcionalidad original con la ciudad, en cambio la descentralización cambia (rompe) la lógica funcional con la ciudad, generando nuevas dependencias funcionales.

Con base en lo planteado, la discusión respecto del porque existen discontinuidades en el patrón de ocupación resulta ser un factor de segundo orden (Cerde, 2007). Un ejemplo de esto son los aspectos normativos y geográficos, que claramente promueven la discontinuidad en la expansión urbana. Las zonificaciones asociadas a restricciones de "no desarrollo", ya sea por usos agrícolas exclusivos, por reservas naturales, u otro tipo de condiciones que prohíba directamente el

asentamiento urbano. Las condiciones geográficas se refieren a condiciones físicas de habitabilidad que impiden el asentamiento humano.

Dicho de otra forma, el no desarrollo es directamente una decisión, ya sea privada o pública. Si la decisión es privada, puede que sea una estrategia para valorizar grandes territorios de manera de sacar las mayores rentabilidades, por lo que puede resultar eficiente generar desarrollos en las zonas más lejanas, con el fin de valorizar de mejor forma los terrenos intermedios (generando corredores de interacción y demandas inducidas). Si la decisión del no desarrollo es pública, se está frente a una normativa que restringe el uso y desarrollo de un territorio, basado a algún argumento de conservación, protección y/o fomento.

Entonces, lo que resulta relevante se refiere a determinar cuáles son las condiciones que hacen desarrollables territorios alejados, como para participar en el proceso de expansión urbana del área metropolitana.

*Al parecer, uno de los factores importantes para materializar el desarrollo urbano en áreas fragmentadas o discontinuas es la **funcionalidad urbana** de dicho territorio con el área metropolitana, ya que si se da una buena funcionalidad, se puede tener un territorio desarrollado o no. Pero la reciprocidad de esta relación no se cumple, ya que el privado o el estado pueden tener la intención de desarrollar un territorio, pero si la funcionalidad (en la satisfacción de las necesidades cotidianas de los residentes) es mala o inexistente, dicho desarrollo no se materializará.*

#### 1.2.1.2.- Función, centralidad, y funcionalidad urbana

Un argumento reiterativo en el análisis y entendimiento de los fenómenos urbanos y de transporte, es el concepto de la función y la centralidad de algunos territorios, sobre todo bajo los actuales enfoques de competitividad de territorios, o de ciudades, en un contexto local y global (De Mattos, 2004).

En urbanismo, la expresión “función” alude al conjunto de actividades económicas que justifican la existencia de una ciudad. Así entendida, la función puede definirse como: “el conjunto de relaciones entre actividades que se influyen entre sí regularmente por medio de asociaciones que hacen posible la operación de continuidad del sistema social”. Función es, por tanto, el equivalente de actividad.

Otras definiciones se hacen cargo de la escala territorial, planteando que la función está dada por la actividad en la que se emplea el mayor número de habitantes de la ciudad, y que traspasa o va más allá de los límites de la ciudad, en términos de intercambio de bienes y servicios con otros núcleos urbanos de la región. Así surge el concepto de área de influencia (hasta dónde se ejerce la función), que dependerá de la importancia de la función, la cual le entregará a la ciudad una jerarquía y un rol en la organización regional.

Por otro lado, el concepto de centralidad o espacio central en la ciudad, tiene su origen en los modelos teóricos espaciales, que asocian al centro (en una estructura simple) el mayor dinamismo y capacidades para admitir nuevas y más funciones (actividades). Es decir, la centralidad, o zona central, es la que agrupa espacialmente ya sean muchas funciones, o que agrupa la mayor cantidad de actividades de una misma función.

Otra acepción de centralidad, basada en la topología de redes, se refiere al punto que, dada su posición geométrica en el espacio geográfico, o su dotación de infraestructuras de comunicación, es capaz de minimizar el esfuerzo para llegar a él

desde el resto del territorio, y en ese sentido, es susceptible de centralizar funciones (p.e. es un buen punto de distribución de servicios).

La relación conceptual que se identifica entre función urbana y espacio central dio origen a lo que actualmente se reconoce como “ciencia de la localización”. En la actualidad, la centralidad es un enfoque que difícilmente puede interpretar la dispersión espacial de actividades o funciones en la ciudad, lo que ha generado el problema de cómo identificar empíricamente la o las centralidades o centros de la ciudad, y también el cómo limitar la ciudad. Al respecto se han desarrollado varias iniciativas.

*De lo anterior se desprende que, si bien los conceptos de función y centralidad en la ciudad están directamente ligados al concepto de **funcionalidad urbana**, este último plantea un enfoque de mayor dinamismo y de menor escala (microterritorial e individual), en comparación a lo expuesto. La funcionalidad urbana denotaría funciones y centralidades territoriales dinámicas a lo largo del día, dando mayores argumentos a los análisis multifuncionales de los territorios (puede ser que las actividades compartan territorios, pero que en su cotidianeidad no compartan los mismos horarios de desarrollo), y/o también a los argumentos de integración y diversidad social.*

#### *1.2.1.3.- La visión de redes y la funcionalidad urbana*

Como se ha planteado antes, con la ruptura de la ciudad continua en la década de los 40-50, surge la imagen fragmentada y alveolar de la ciudad, la que da pie al surgimiento del urbanismo de las redes. Tony Garnier y luego Le Corbusier, entendieron como las transformaciones tecnológicas que afectaban a la industria, la sociedad, impactarían también en las formas de las ciudades. Las innovaciones en medios de transporte, transmisión de energía, medios de comunicación, y otros fueron percibidas muy pronto por Mumford, Cerdà, Howard, Henard, Chambless o Wright. La red, como concepto y no como objeto, emerge progresivamente en la historia reciente porque plantea una nueva organización del espacio, identificando tipos de relaciones espacio/tiempo, información/territorio, característicos de la sociedad moderna.

Si bien el urbanismo de redes plantea a la red como concepto de organización de relaciones, las dimensiones técnicas han ahogado este enfoque, reduciéndolo a redes físicas, preferentemente de infraestructuras, redes de transporte, y por ende, a la visión de infraestructura como la solución mediática de problemas de demanda de infraestructura, dejando de ver la dimensión urbana en las mismas. Un ejemplo de esto es la tradicional visión de la ingeniería de infraestructuras, que, como se verá en el próximo capítulo, enfrenta y resuelve en forma muy eficiente un problema de dotación de capacidad de flujo, para lo cual el análisis modal del transporte es lo relevante.

Al ir más allá de la discusión de la forma y la tecnología de las redes, cosa que no es fácil ni común, y analizando la dimensión estructural de la ciudad-red, se aprecia formas sutilmente diferentes de ocupación de la periferia urbana. Dentro de esta categoría se encuentran los subcentros de empleo, que Garreau (1991) ha llamado a una tipología de ellos “ciudades límite”, ciudades porque son subcentros diversos y comparativamente densos como los centros de las ciudades, y límite porque se ubican en la periferia metropolitana. Junto a las *edge cities* están los distritos industriales de Becattini (1988), las tecnópolis de Castells (1996), y en general los clusters de Porter (1982), a veces activados por las economías en red que se genera por la interacción entre varios subcentros, que aunque estén alejados unos de otros, están bien conectados y se complementan económicamente entre sí.

En el análisis territorial, el término red adopta significados diferentes, uno literal y otro metafórico. El sentido literal plantea que las redes son esencialmente las infraestructuras físicas continuas, o puntuales, que son la vía de flujos materiales o inmateriales entre lugares. En este tipo de redes técnicas podemos localizar los recorridos y cuantificar los flujos.

En el sentido metafórico, la red pierde su materialidad y se transforma en una forma abstracta para representar relaciones y conexiones entre sujetos (personas o actividades). En este caso, las redes son estructuras de relaciones e interrelaciones (económicas, sociales, culturales, de servicios, de control, etc.) estables entre sujetos, quienes pasan a ser los nodos de la red.

Por otra parte, las distintas concepciones hacen que la forma territorial de la red asuma un significado distinto si se concibe desde el punto de vista de los nudos o de los segmentos, de manera que son diferentes las estrategias competitivas que llevan a la práctica los lugares-nudos y los lugares-segmento. Todos los lugares aspiran a alcanzar el estatus de nudo, o incrementar su peso en las jerarquías de los nudos. Pero en estos también se crean externalidades negativas (congestión) en donde el conjunto de los beneficios superan a los efectos negativos. Finalmente, desde el punto de vista de los nudos, el problema consiste en atraer la red, conformarla o deformarla, respecto a sus propias exigencias.

En cuanto a los lugares-segmentos, la situación es radicalmente diferente. Ningún lugar ambiciona convertirse en un segmento, pues la condición del segmento es la de ser atravesado, algo que trae más externalidades negativas que beneficios. Por esto los territorios se resisten a ser segmentos.

Finalmente, los nudos y los segmentos tienen intereses distintos, por lo que las estrategias de nudos es aumentar su jerarquía, y la estrategia de los segmentos es a dejar de ser de paso.

El enfoque sistémico de ciudades resuelve la contradicción anterior, pues establece los roles de cada elemento, tanto el nudo como el segmento en el funcionamiento del sistema. En Reif (1978) se identifican algunos elementos básicos del sistema urbano, clasificándolos en cuatro grupos que son los objetos, las actividades, el suelo, y la infraestructura. Como se aprecia, se entremezclan nudos con segmentos, de manera funcional, al logro del objetivo final del sistema.

*En este contexto, la **funcionalidad urbana** recoge la geometría de la red, dado que el binomio acceso-actividad refleja el binomio arco-nodo, siendo el arco el que representa el por donde se materializa el acceso, y el nodo el lugar de emplazamiento espacial de la actividad. Es por esto que se podría decir que el enfoque de funcionalidad re-plantea el concepto original que sentó las bases del urbanismo de redes.*

#### *1.2.1.4.- La movilidad, el transporte, y la funcionalidad urbana*

La movilidad se define como "*la capacidad genérica de moverse*". Aplicando este concepto a los elementos constituyentes de la ciudad, se tiene que tanto las personas como las actividades presentan capacidad genérica de moverse en el espacio urbano. Esta capacidad se transforma en necesidad, dado los requerimientos de cada uno en el desarrollo de su función en la ciudad (funcionamiento). Es así que tanto las personas como, en menor grado, las actividades requieren moverse (demanda de movilidad). Los ritmos y trayectorias de estos requerimientos también dependen del funcionamiento propio de cada uno. Actualmente el paradigma del movimiento está siendo cuestionado y replanteado

hacia el paradigma de la interacción, o el intercambio, en el sentido que para que una actividad funcione se necesita de una interacción con otra actividad, lo que no necesariamente puede inducir a un movimiento (sobre todo en la situación actual de las tecnologías de comunicación) (Miller, 2007).

Por otra parte, se denomina transporte o transportación, al "*traslado desde algún lugar a otro, de algún elemento*" (en general personas o bienes, pero también fluidos). Para llevar a cabo esta actividad surgen los servicios de transporte, los que dependen en parte del operador (el que transporta), y por otra de las condiciones de los espacios destinados al transporte (infraestructura o capacidad de transporte).

Existe una generalidad en los estudios urbanos que entienden por movilidad a la oferta de transporte presente en la ciudad y/o las estructuras de los viajes en la misma. Así, se mezclan dimensiones distintas del fenómeno bajo el mismo término. Esto ha llevado a confundir la existencia de los medios con su utilización, dejando de lado lo que se denomina demanda de servicios de transporte (dada por los requerimientos de movilidad espacial de algo).

Para algunos autores (Miralles, 2003) la movilidad en la ciudad moderna es la suma de los desplazamientos individuales de los ciudadanos, a una velocidad determinada, que hace posible el acceso al mercado de trabajo, a los bienes, y a los servicios. El movimiento forma parte de la vida cotidiana de los ciudadanos como uno de los factores potencialmente más favorable, y a la vez más condicionante, aumentando nuestro potencial de relación y permitiendo sistemas de vida que de otro modo serían impensables, en los que existen contactos con la naturaleza, el trabajo, el estudio y el ocio. En definitiva permite hacer un uso diferente de las actividades que se localizan en la ciudad, y por tanto, condicionan la vida de los ciudadanos, y organizan la estructura de las ciudades (*op cit*).

Los servicios de transporte, en la medida que han desarrollado un comportamiento de mercado, han ido sistemáticamente diferenciado su oferta, apuntando a demandas de mayor disposición a pagar, o generando servicios en la medida que exista un umbral mínimo de demanda (por lo que no todos los medios están disponibles en todo el territorio). En muchos casos esto es visto como una discriminación social, sobre todo cuando se analiza la necesidad de movilidad hacia actividades de trabajo, estudios, y sanitarias (Cebollada, 2009; Church, 2000).

La errada unión de los conceptos de movilidad y de transporte, generan la visión de que los cambios que ha sufrido la movilidad se reflejan (como un espejo) en los cambios experimentados por los servicios (o sistemas) de transporte, y lo que es peor pensar que los cambios que se pueden realizar en los sistemas de transportes, influirán en la movilidad de las personas. En la práctica, la evolución temporal que ha experimentado la movilidad se relaciona con tres factores (*op cit*): el incremento del tiempo y distancia de recorrido, la ampliación de los motivos de desplazamientos, y la disposición de las actividades en el territorio.

Existen pocos estudios que han superado la barrera conceptual del medio de transporte, para lograr una caracterización real de la movilidad. Henard en 1905 hace una de las primeras clasificaciones de la movilidad, para la que define la movilidad como la "circulación" de una ciudad, en su caso de la ciudad de París, que corresponde a la suma de las circulaciones particulares, que son el resultado de movimientos pendulares (ida y vuelta). La clasificación que hace es en función de la actividad (motivo) que genera el movimiento, distinguiendo así seis categorías:

- 1.- *La circulación doméstica, relacionada con el aprovisionamiento del hogar, y se realiza en el mismo barrio, por lo que los desplazamientos son cortos. Se hace básicamente a pie sin tener que utilizar los medios de transporte.*
- 2.- *La circulación profesional ligada a la actividad laboral, los recorridos son largos y siempre los mismos. Son los que más utilizan los medios de transporte público.*
- 3.- *La circulación por motivos económicos. Son los que tienen por objeto la compra, la venta y el intercambio de todo tipo, incluyendo la información. Utiliza todos los medios de transporte, tanto públicos como privados.*
- 4.- *La circulación ligada al ocio y a las relaciones sociales. Utiliza principalmente el transporte privado, los carruajes.*
- 5.- *La circulación festiva concentrada en los días no laborales. Utiliza fundamentalmente los transportes públicos especialmente el tren y el tranvía.*
- 6.- *La circulación excepcional. La realiza el peatón y se produce en el centro de la ciudad (profesionales, manifestaciones, etc.).*

Bajo el enfoque de clasificación de circulaciones, Henard concluye que *"la congestión se debe a que las distintas circulaciones, por el hecho de utilizar un medio determinado, utilizan vías específicas. Entonces las vías en donde coinciden circulaciones, o mejor dicho sus modos asociados, son las que presentan congestión"* (Miralles, 2002). Como se puede apreciar, la aproximación de movilidad sucumbe fácilmente por la fortaleza del enfoque de medios e infraestructura de circulación (transporte).

Las actuales clasificaciones de la movilidad provienen principalmente de estudios de transporte, y no se diferencian mucho de lo planteado por Henard. Así, se distinguen dos grandes tipos de movimientos, los de carácter obligado<sup>1</sup> y los no obligados. Esta diferenciación tiene lógica en el sentido que es la movilidad obligada la que pone a prueba la capacidad de paso (o servicio) de las distintas redes de infraestructura y de servicios, de las ciudades, pues se da en períodos del día cortos y específicos (la denominada hora punta u hora pico), y los destinos no pueden ser cambiados (elegidos) por el viajero (trabajo, estudio, sanidad). La movilidad no obligada cotidiana, no pone a prueba la capacidad de la red, dada su flexibilidad en términos horarios y de la zona de destino (compras, ocio, social, recreación, servicios personales, etc.).

*Los actuales problemas de transporte/movilidad se enfrentan preferentemente bajo el enfoque de transporte, más que desde el punto de vista de la movilidad, en el sentido que se propone que la forma de organizar movilidad, es a través de la organización de los modos, dadas las objetivas restricciones de capacidad de las redes de transporte (público y privado). Sigue presente la máxima que a través de la competitividad entre los modos (medios de transporte), se cambiará el comportamiento de movilidad cotidiana de los viajeros. De lo anterior se deduce que el concepto de **funcionalidad urbana**, además de incluir ambas dimensiones, supedita el medio de transporte a la movilidad, inducida por el funcionamiento de la actividad, por lo que es una aproximación más sistémica y asociada más al fenómeno social urbano, que al transporte.*

---

<sup>1</sup> El término obligado está siendo discutido principalmente desde el punto de reivindicaciones de género. Actualmente en Barcelona este término ha sido cambiado por "ocupacional" y "social" (no obligado)

### 1.2.2.- Porqué es relevante el análisis de la funcionalidad urbana en la actualidad

Si bien en los puntos anteriores se observa que el enfoque propuesto de funcionalidad urbana se inserta y complementa relativamente bien con algunas de las problemáticas urbanas contemporáneas, es necesario vislumbrar el aporte de este enfoque a los nuevos paradigmas aún en desarrollo, en lo que se refiere al entendimiento y/o la gestión real de la ciudad.

Entonces, la pregunta a responder es saber cuál es la necesidad o utilidad de conocer la funcionalidad espacio temporal de las actividades en la ciudad. A continuación se argumentan algunas de estas razones.

- No existe una visión dinámica (en espacio y tiempo) de las actividades cotidianas que se desarrollan en la ciudad. La única dimensión que recoge en cierta forma un dinamismo espacio temporal es el análisis de transporte, que determina flujos de vehículos y pasajeros por corredores. Con la salvedad que el transporte no es una actividad propia de la ciudad, que tenga una demanda directa. La demanda de transporte es inducida (y por tanto indirecta) por la necesidad de acceder a las que si son actividades urbanas (Ortúzar, 1998), como el comercio, el estudio, la recreación, etc.

En las últimas décadas las estadísticas de transporte han registrado un incremento sostenido de la proporción de viajes cuyos propósitos o motivos son de acceso a actividades cotidianas, de destino no obligado (compras, entretenimiento, trámites personales, visitas sociales, etc.). Esto rompe la hegemonía de los propósitos al trabajo y al estudio en las áreas metropolitanas. Si bien el trabajo y el estudio siguen siendo los propósitos que más concentran su demanda a lo largo del día, y que por ende cargan intensamente la infraestructura y capacidad de transporte de la ciudad, los restantes propósitos no son intensivos en el uso del tiempo diario, por lo que no condicionan la capacidad de transporte de la ciudad.

Así, la funcionalidad urbana insertaría la temática propia del transporte (y su eficiente metodología de evaluación de planes y proyectos), en un contexto de entendimiento urbano más integral y dinámico. Se podría llegar a diferenciar los tradicionales flujos, ya no solo por el modo de transporte, sino más bien en función de la actividad a la cual acceden, lo que unido al nivel socioeconómico de la población, permiten priorizar la inversión en corredores con argumentos sociales focalizados en las actividades a las cuales se quiere beneficiar (por ejemplo, corredores que ocupe el estrato socioeconómico bajo para llegar al estudio). En este sentido, los modos de transporte competirán por mejorar el servicio en corredores ya detectados como estratégicos desde el punto de vista social-actividad.

- Las estadísticas de uso del tiempo muestran una sistemática reducción de los tiempos de trabajo fuera del hogar, y un aumento de los tiempos y frecuencias de actividades de ocio y recreación, así como de convivencia familiar. Así, el tiempo de los ciudadanos, como un recurso escaso y limitado en el día, debe ser repartido entre más actividades. Por otra parte la asignación del tiempo, por parte de un ciudadano a una determinada actividad, influye directamente en la actividad cotidiana, en términos del beneficio reportado por su demanda agregada, la saturación o no de la capacidad instalada, los parámetros de stock de sus productos, el dimensionamiento de la fuerza de venta o atención al cliente, etc.

La funcionalidad de la ciudad daría la componente espacial al uso del tiempo, enriqueciéndose el análisis de utilización de los espacios, y los corredores, a escalas territoriales acordes a la gestión urbana, y para los objetivos que se estimen convenientes (marketing, riesgo social, seguridad ciudadana, salud pública, etc.)

- La caracterización de las actividades cotidianas en la ciudad se basa principalmente en su localización, en su dimensión física (superficie construida, capacidad), y en su dimensión económica (costos, rentabilidad), siendo el componente de la demanda (usuarios, población flotante, etc.) un factor bastante subjetivo y estático en su entendimiento, cálculo, y proyección.

La funcionalidad cotidiana dinamiza la visión de la demanda de las actividades, y la enmarca bajo un enfoque de comportamiento diario de las personas en lo que se refiere a la cadena de actividades cotidianas, y no un comportamiento individual del desarrollo de una actividad independiente (de la anterior y la posterior).

En lo expuesto se utiliza el concepto de funcionalidad con el fin de aclarar su entendimiento, su estructura y su inserción en distintas temáticas. Pero en su desarrollo es que surge el problema de investigación de la tesis doctoral, que se refiere por una parte a la funcionalidad en sí, y por otra a su relación con la localización de actividades.

Son variadas las preguntas de investigación que surgen en este tema, algunas de las cuales se presentan a continuación:

- ¿Qué relación existe entre el acceso y el desarrollo de las actividades?
- ¿Cómo se desarrollan las distintas actividades a lo largo del día en la ciudad?
- ¿Qué actividades presentan mayor condicionamiento para su desarrollo?
- ¿Cuál es el patrón de uso del tiempo y del espacio de los habitantes en el desarrollo de las actividades cotidianas?
- ¿Cómo influye la funcionalidad de una actividad (acceso y desarrollo) en el patrón locativo de las actividades vinculadas?
- ¿Es más importante la localización (acceso) o el desarrollo de la actividad, en la lógica locacional?
- ¿Cuál es la intensidad de uso de los territorios, y su variación en el día?

Estas, y muchas otras preguntas apuntan a entender la relación entre funcionalidad y localización de la actividad. Es la hipótesis de investigación de la presente tesis doctoral, la que propone una respuesta más global e integrada a las preguntas que se plantea.



### 1.3.- Hipótesis de investigación y objetivos

La **hipótesis principal** de esta investigación plantea que el comportamiento de las personas en la ciudad, en lo que se refiere a su disposición a viajar (tiempo de acceso), y su disposición a desarrollar una actividad (duración), en conjunto, construyen las características funcionales de las actividades (residenciales y no residenciales), las que influyen directamente en su patrón locativo en el territorio.

El comportamiento de las personas, y sus umbrales, constituyen una tensión funcional entre las actividades (haciendo un símil con la tensión superficial que mantiene una gota de agua unida). Dicha tensión funcional puede admitir distintos formatos tecnológicos (ya sea en medios de transporte o en el desarrollo propio de la actividad), produciendo distintas estructuras territoriales.

El punto interesante de la hipótesis es que inserta el comportamiento de las personas en una relación dialéctica con la localización de las actividades, sin desconocer las relaciones que históricamente se han reconocido entre las actividades. Así planteado, el comportamiento de las personas viene a caracterizar la tensión entre los patrones locativos, que como su palabra lo dice, puede generar diferentes estructuras.

De verificarse la hipótesis anterior, y a modo de corolario, se podría plantear que:

- Se podría suponer que los cambios tecnológicos en los medios de transporte han hecho factible que la residencia “funcione y use la ciudad” desde distintos territorios, ampliando aparentemente las distancias físicas de los movimientos, generando la expansión física del suelo construido, y la ruptura de sus altas concentraciones, pasando de una situación de monocentralidad a una dispersión de centralidades, en subcentros o corredores de actividades. La ciudad moderna se expande, pero debería cumplirse la “ley” de las tensiones, es decir, la no superación de los umbrales de funcionalidad. Lo mismo que ocurría en la antigua ciudad compacta.
- Se podría plantear que la ciudad sí presenta un límite, que es el umbral funcional, en el entendido como el área que integra a los mercados residenciales, laborales, comerciales, sanitarios, de ocio, etc.
- Sería claro el error conceptual de considerar al transporte (acceso) como una actividad en sí, separada de la actividad que lo genera (o induce).

Dada la hipótesis de investigación, el **objetivo principal** del trabajo de investigación es verificar la relación entre el patrón de localización de las actividades en la ciudad (residenciales y no residenciales), y la funcionalidad de las mismas, considerando el comportamiento de las personas en el acceso y el desarrollo a la actividad, de forma conjunta.

El logro del objetivo principal de la tesis pasa por el cumplimiento de dos grandes objetivos específicos, que tienen que ver con entender y medir la funcionalidad de las actividades (a partir del comportamiento de las personas), y luego relacionar dicha funcionalidad con la estructura locacional.

Respecto del primer objetivo específico, los estudios que de cierta manera analizan el comportamiento de las personas, respecto de la forma en que desarrollan sus

actividades en la ciudad, vienen del ámbito de investigación en transporte, la sociología, el marketing, y la geografía. En esta diversidad disciplinaria, uno de los objetivos específicos de la tesis es aunar un enfoque conceptual de análisis de la funcionalidad, para posteriormente construir un procedimiento metodológico de cuantificación (del concepto antes definido).

La evaluación de la participación de la funcionalidad de las personas (y de manera agregada, de las actividades) en la estructuración espacial de actividades en la ciudad, es la segunda parte del objetivo principal de esta tesis, ya que no sirve de nada definir nuevos indicadores y dimensiones, si no se verifica su efecto en la configuración urbana.

Como se puede apreciar en los puntos anteriores tanto el problema como hipótesis de investigación condicionan el objetivo principal y específicos de la presente tesis doctoral.

La **estructura del presente documento** responde tanto a la verificación que busca la hipótesis, como a los desafíos metodológicos que plantean los objetivos específicos. Es así que el documento consta de cinco capítulos, donde en el primero de ellos (el presente capítulo), presenta el origen del problema de investigación, así como la hipótesis y los objetivos de la tesis doctoral.

El segundo capítulo corresponde a la revisión del estado del arte de las distintas disciplinas que resultan ser más cercanas al análisis del comportamiento de las personas, bajo el enfoque de funcionalidad planteado. También en este capítulo se presenta el estado del arte en el entendimiento y modelación de la localización y la estructura de actividades.

El tercer capítulo se sintetiza de forma crítica la revisión del estado del arte del capítulo anterior, con el fin de desarrollar la base conceptual de la investigación, la que posteriormente genera la base metodológica de la tesis.

El cuarto capítulo presenta los resultados empíricos de la investigación, en sus etapas de evaluación de la funcionalidad en el área de estudio, la caracterización de la estructura de actividades, para finalmente integrar ambos resultados en la caracterización de la relación entre funcionalidad y estructura.

El quinto capítulo y final, presenta las conclusiones generales y específicas del trabajo de tesis doctoral, y las líneas de investigación que se abren como producto del trabajo realizado.

## CAPÍTULO II

### ESTADO DEL ARTE EN EL AMBITO DE INVESTIGACION

En este capítulo se presenta la revisión del estado del arte de las temáticas relacionadas con el problema e hipótesis de investigación. Específicamente se revisan disciplinas científicas relacionadas con la funcionalidad urbana, y las relacionadas con la estructura urbana.

#### II.1.- Revisión del estado del arte en aspectos de la funcionalidad urbana

En relación a la funcionalidad urbana existen diversas disciplinas científicas que tocan de alguna forma el tema, con distintos enfoques y objetivos. Es el caso, por ejemplo, de las líneas de investigación de uso del tiempo, el uso del espacio, o la integración de ambos.

A continuación se presenta la revisión del estado del arte en las disciplinas más cercana al concepto y entendimiento de la funcionalidad urbana.

##### 2.1.1.- Línea de investigación en la sociología del tiempo (el uso del tiempo)

Los estudios de los usos del tiempo (también llamados asignación o gasto de tiempo en diferentes actividades) han recibido atención en los campos de la psicología, la antropología, el urbanismo, la geografía, la economía, y especialmente en la sociología.

Desde el punto de vista de su base teórica, los estudios de uso del tiempo pueden ser clasificados en tres clases. La primera categoría se basa en las teorías de motivación, que tienen su origen en la antropología y la psicología, y destacan la motivación subyacente en el proceso de asignación de tiempo de actividad. Las teorías difieren considerablemente en sus puntos de vista de la base motivacional de la conducta, pero coinciden en la idea de que el comportamiento está dictado por las necesidades ya sean innatas o inducidas.

La segunda categoría se basa en las teorías sociológicas y de planificación (urbanística), y proporciona una visión más real (revelada) del proceso de uso del tiempo que rige el comportamiento de las personas. Al respecto, los estudios sociológicos se han centrado principalmente en la "teoría de los recursos" y en su efecto sobre el comportamiento (diferenciado principalmente por género) en el uso del tiempo de personas que conviven, o que requieren de la interacción con otras personas. Geerken y Gove (1983) sentaron las bases para un sistema integrado de la teoría socio-económica de la maximización "imperfecta" de la utilidad de los servicios públicos (lo que implica que la distribución del tiempo puede no ser la mejor bajo ciertas circunstancias).

En la literatura de la planificación urbana, sólo Chapin (1974) postuló un marco teórico en este sentido, planteando que las limitaciones impuestas por la sociedad (clasificadas como pre-condicionamiento y no pre-disposición) interactúan sobre las

motivaciones inherentes, para generar la disposición de la persona a participación en las diversas actividades.

La última categoría se basa en la teoría económica, y específicamente en el comportamiento microeconómico del individuo. Estas últimas tienen una formulación matemática explícita, basada en la suposición de que los individuos (y los hogares que conforman) siempre tratarán de hacer todo lo posible para funcionar mejor (Bhat, 1999). Cada persona en el hogar asigna el tiempo así como los ingresos a diversas actividades, recibiendo ingresos por el tiempo invertido, o utilidad por el consumo de bienes y servicios. Basándose en la teoría económica se han utilizado formulaciones de asignación de recursos para determinar la participación individual en una actividad y su duración.

Desde el punto de vista empírico, los estudios sobre el uso del tiempo (Torns, 2006) surgen en Francia e Inglaterra en el siglo XX, como una nueva dimensión en los estudios de la familia, y específicamente como indicador de las condiciones de vida de la población. En EEUU (1930) aparece el interés en caracterizar el uso del tiempo de los desempleados, con el fin de conocer el consumo de tiempo en situaciones donde no hay intercambio de dinero. Al mismo tiempo, y en varios países de Europa del este, comienza el interés por conocer cómo los empleados utilizan su tiempo libre. El enfoque de estos estudios se acota únicamente a la fuerza de trabajo, con la intención de caracterizar sus patrones de comportamiento.

En la década de los sesentas, sobre todo en los países democráticos europeos, emerge el interés por analizar el uso social del tiempo como resultado de la expansión de las políticas de bienestar, y también evaluar el comportamiento de la emergente sociedad de consumo.

Un origen menos conocido de los estudios de uso del tiempo es la perspectiva de género, que se refieren a la cuantificación de la relación entre el tiempo de trabajo doméstico en relación al tiempo de trabajo total de un hogar, y a la infravaloración en esta relación. Sólo en las sociedades contemporáneas se está empezando a reconocer las desigualdades de género en la dimensión del uso y valoración del tiempo. El enfoque actual en este tipo de estudios realza la dimensión económica, en comparación al tradicional enfoque histórico, sociológico, antropológico, y de otras disciplinas de las ciencias sociales.

Uno de los efectos prácticos que han originado los distintos enfoques de estudios del uso del tiempo, ha sido que los sistemas oficiales estadísticos se plantearan la necesidad de recoger en forma sistemática, y relativamente estandarizada esta información. A principios de 1990, los países de la Unión Europea comienzan a desarrollar una guía de las estadísticas oficiales, que permite homogeneizar la información del uso del tiempo a nivel europeo. El principal proyecto, elaborado por EUROSTAT (Oficina Estadística de la Unión Europea), se denomina Sistema Armonizado de la Encuesta Europea de Empleo del Tiempo (HTUS). Este proyecto ha incorporado progresivamente los distintos países miembros de la unión. El objetivo principal de este proyecto es un claro reconocimiento institucional de la importancia de la dimensión social del tiempo para conocer las condiciones de vida de los países, a pesar del costo elevado de la captura de esta nueva información.

El objetivo básico de los estudios de uso del tiempo es la comprensión de las formas y maneras específicas que tienen las sociedades humanas de utilizar el tiempo. Los diferentes métodos suponen la posibilidad de hacer una medida del conteo exhaustivo de tiempo asignado a diversas actividades durante un período específico. Si bien la forma más utilizada y desarrollada intenta captar la totalidad de actividades (desarrolladas en 24 hrs.), esta metodología también se utiliza para revelar sólo algún tipo específico de actividades (como se verá más adelante).

Aun cuando los métodos de medición de uso del tiempo lo constituye por antonomasia la técnica del diario de actividades, se han desarrollado y aplicado diferentes técnicas para recabar información sobre las formas en las cuales una comunidad o grupo de personas distribuye sus actividades y les asigna tiempo para su realización a lo largo del día. Las principales técnicas son las siguientes:

- *Diario de actividades*: es una forma de relato en que la persona informa sobre sí mismo o sobre algún acontecimiento con periodicidad diaria. El cuestionario tiene la forma de un diario (una grilla), donde se encuentran delimitados los intervalos temporales (generalmente hora a hora) dentro de los cuales se registra, en forma secuencial, las actividades desarrolladas. De forma adicional puede contener espacios donde indicar actividades secundarias, la ubicación espacial, si la actividad fue desarrollada en solitario o en conjunto, etc. El diario se complementa con información demográfica del encuestado, información de la vivienda, familia, etc. El diario puede ser consultado por un entrevistador, o auto-administrado. Las principales ventajas de este método es que 1) los tiempos dedicados a las actividades no suman más de 24 horas, 2) presenta mayor precisión y exactitud en el cálculo del día promedio, en términos de gasto de tiempo. Las desventajas son entre otras 1) requiere una colaboración íntima del entrevistado, una familiaridad con la escritura, y una capacidad de auto-observación, 2) desconfianza en la información de actividades conjuntas, y una tendencia al autonomismo, 3) elevado costo económico, 4) cuantificación cronométrica que es poco representativa de las vivencias experimentadas en la vida cotidiana, 5) no consulta el esfuerzo o la eficiencia en el desarrollo de las actividades, 6) no registra la tecnología usada o los obstáculos en el desarrollo de las actividades.
- *Lista o encuesta de actividades*: busca establecer si una determinada población ha realizado, en el día o periodo anterior a la entrevista, un conjunto previamente fijado de actividades sobre el que se pregunta directamente. Las ventajas de esta técnica se relaciona con 1) poder sacar a la luz la participación en actividades poco frecuentes, secundarias o de duración muy corta, 2) tienen mejor capacidad para determinar la participación real en los distintos tipos de actividades, posibilitando así una perspectiva más conceptual y analítica. Las desventajas tienen que ver con 1) son consideradas un instrumento imperfecto para medir la duración de una actividad, pues dependen de los mecanismos de la memoria (tiempos perceptuales que pueden sumar más de 24 hrs).
- *Observación participante*: técnica poco utilizada, orientada a cronometrar la organización social de comunidades cuya población no posee educación formal. La desventaja de este método se relaciona a que no se pueden observar muchos casos a la vez, además del hecho de que la participación interfiere en las actividades desarrolladas. La ventaja es que aporta un gran valor exploratorio para la realización de estudios más sistemáticos.
- *Entrevistas grabadas*: es una técnica similar a la observación participante. La técnica es muy útil cuando se trabaja con poblaciones de bajo nivel de instrucción, de pueblos originarios, o personas de edad avanzada. Las desventajas es que los entrevistados tienden a relatar un día tipo, y no el día anterior, además de las dificultades que presenta para una medición estandarizada.

- *Diarios o encuestas de actividades combinados con entrevistas*: el objetivo de esta combinación es lograr una comprensión más cabal de las actividades cuantificadas, y dotar de "significación" al uso del tiempo.

Las limitaciones y críticas realizadas a los métodos de investigación de usos del tiempo se pueden agrupar en dos grandes grupos. El primero de ellos está relacionado con la falta de información de los aspectos más subjetivos del tiempo, y el segundo se refiere al tipo de testimonio recogido, en relación con la intermediación del sujeto (Delfino, 2009).

Tres núcleos de información constituyen desde sus inicios los elementos básicos de la metodología de los estudios de usos del tiempo: el tipo de actividades desarrolladas, la ubicación temporal de esas actividades (momento del día en que fue realizada), y el tiempo dedicado a su realización.

Las actividades que se consideran de forma general en los métodos de registro de uso del tiempo se muestran en la tabla II.1.

**Tabla II.1.- Actividades registradas en los estudios de uso del tiempo**

Categoría	Actividad		
Cuidado personal	Dormir		
	Comer		
	Otros (personales)		
Trabajo	Trabajo principal y secundario		
	Actividades relacionadas al trabajo		
Estudio	Escuela o Universidad (total)	Clases y conferencias	
		Trabajo en casa	
		Otras actividades escolares	
	Tiempo libre para estudio		
Trabajo doméstico	Preparación de comida		
	Lavar platos		
	Limpieza de la vivienda		
	Otras de mantenimiento del hogar		
	Lavar ropa		
	Planchar		
	Artesanías y telas		
	Otros cuidados de telas		
	Jardinería		
	Cuidado de animales domésticos		
	Cuidado de macotas		
	Pasear al perro		
	Otros cuidados del jardín y de mascotas		
	Construcción y reparaciones		
	Compras y servicios		
	Cuidado de niños (total)	Cuidado físico de niños	
		Enseñar, jugar, etc. con niños	
	Otros trabajos domésticos	Otros cuidados de niños	

Categoría	Actividad	
Trabajo voluntario y de ayuda	Trabajo en organizaciones	
	Ayuda informal	
Tiempo libre	Actividades religiosas	
	Otras participaciones en actividades	
	Vida social (total)	Socialización con la familia
		Visitas y fiestas
		Conversaciones telefónicas
		Otras de vida social
	Entretención y cultura	
	Descanso	
	Deporte (total)	Pasear, hacer senderismo
		Deporte
		Ejercicio
		Otras relativas al deporte
	Artes	
	Computación y video juegos	
	Otros de computación	
Otros hobbies y juegos		
Leer libros		
Otras lecturas		
TV y video		
Radio y música		
Actividades de ocio no específicas		
Viaje	Viaje hacia y desde el trabajo	
	Viaje relacionado al estudio	
	Viaje domestico (total)	Viaje relativo a compras
		Transporte de niños
	Viaje relativo a voluntariado	
Viaje relativo a tiempo libre		
Actividad inespecífica		

Fuente: Elaborado en base a *MTUS coding procedures* (Fisher, 2011)

La tabla anterior muestra la clasificación de 69 actividades de las encuestas nacionales de uso del tiempo (*Multinational Time Use Survey*), versión 6.0. Como se puede apreciar, las actividades con mayor nivel de detalles son las asociadas al trabajo doméstico, y a tiempo libre. Lo anterior es sintomático del origen de este tipo de estudios, respecto de las condiciones de vida y reivindicaciones de género. Llama la atención que el viaje se considera como una actividad en sí.

El actual estado del arte, en relación a los temas más relevantes que tratan los estudios de uso del tiempo se presentan a continuación.

1. *Crianza y cuidado de los hijos*: se analiza el tiempo dedicado por los padres en sus hijos en términos de educación, cuidados, actividades simultáneas,

descanso, ocio y diversión, etc. (Milkie, 2010). Además se analiza la presión (tiempo) sobre los padres y madres en la relación trabajo v/s dedicación a los hijos. Por otra parte, se analiza el uso del tiempo de estudiantes, y específicamente el uso de tecnologías online (campus virtual). Y también el patrón de actividades y los tiempos asignados en comportamientos vacacionales de los jóvenes.

2. *Encuestas nacionales*: reportan procedimientos y resultados de encuestas nacionales de usos del tiempo, y estudios comparativos. También se analizan los procedimientos seguidos en los distintos tipos de instrumentos de registro de usos del tiempo (Bonke, 2010), y los indicadores de consumo de tiempo.
3. *Tiempo y pobreza*: se analiza la relación entre uso del tiempo y nivel de pobreza, en términos de su relación causal, implicancias religiosas y espirituales, expectativas de desarrollo, etc. También se analizan los ingresos y la pobreza dentro del hogar, la asignación del trabajo no remunerado (Antonopoulos, 2010). Además se analizan los usos del tiempo de personas con reclusión en cárcel, o de frecuente actividad criminal.
4. *Parejas*: el comportamiento (diferenciado por género) de los usos del tiempo de parejas en actividades domésticas, ocio, cuidado de los niños, etc. Además se analiza el efecto de los cambios en la conformación de las parejas, en el patrón de usos del tiempo (Craig y Mullan, 2011).
5. *Uso del tiempo a nivel de hogar*: en este aspecto se ha acuñado el término de "producción de los hogares" como el producto de actividades (no remuneradas) en el hogar, en términos de tiempo consumido, el cual se busca monetarizar para compararlo con las actividades remuneradas (Giménez, 2010). Así, se analizan las variaciones en el uso del tiempo en distintos trabajos del hogar, y el grado de sustitución en el modelo de producción doméstica. También se analiza el cambio de los roles de género, la equidad, y la percepción en el trabajo doméstico, y sus determinantes.
6. *El tiempo de trabajo*: se analizan las distintas implicancias en los tiempos de trabajo, y las variaciones del tiempo de trabajo en distintos días de la semana, entre día y noche, en distintas localizaciones del trabajador, etc. También se analiza el uso del tiempo de los desempleados en contactos sociales, la familia, etc., y la flexibilidad de ellos en la re-asignación del tiempo de trabajo (Aguar, 2011).
7. *Balance trabajo-vida*: analiza por ejemplo el trabajo a tiempo parcial y las consecuencias para el individuo y el bienestar familiar, los cambios en el equilibrio trabajo-vida, el trabajo de día festivo y sus efectos emocionales, las tendencias de regulación y la percepción con enfoque de género (Craig y Powell, 2011).
8. *Tiempo de Viaje*: analiza la movilidad cotidiana, y el comportamiento de usos del tiempo para viajar (Millward, 2011). Una línea emergente en este

aspecto es la controversia entre la utilidad o desutilidad del tiempo de viaje (Lee, 2011).

El tiempo de viaje diario generó en los años 60 una gran controversia. En 1961 se planteó la primera hipótesis sobre la posibilidad de que el tiempo de viaje diario fuese relativamente constante. En 1970 se planteó (apoyado en algunos trabajos empíricos) que el tiempo de viaje diario se mantenía, en promedio, relativamente constante. La discusión teórica llegó a la literatura especializada, y en 1981 la revista *Transport Research Part A*, dedicó un número especial a este tema (Van Wee, 2006).

La discusión actualmente se ha centrado en temas más fundamentales como:

La teoría; surge el cuestionamiento respecto de cuál es la base teórica que puede sustentar la hipótesis del gasto constante de tiempo. Muchos autores plantean que desde el punto de vista económico, no existen bases para plantear la tesis del tiempo constante. Desde el punto de vista psicológico, se plantea el concepto de tiempo ideal de viaje, el que plantea que la población prefiere viajar cierta extensión, más que reducir su desplazamiento a cero.

A quien incluir; se discute si solo incluir a los viajeros, o también a la gente que no viaja. Las alternativas anteriores llevarán a resultados distintos.

Qué se considera como "constante"; se discute cuál es la variación máxima permitida como para considerar una situación como invariante. Lo anterior en el entendido que no existe una causa clara como en física u otras ciencias exactas.

Sección transversal o temporal; se discute si la no variación de los tiempos se puede dar para distintos territorios, o para un territorio, pero a lo largo del tiempo.

Estacionalidad; también está en cuestionamiento si la constancia se da para cierta estacionalidad, o debería darse una constancia para todo el período.

Grupos de población; se discute respecto de la no variación del tiempo entre grupos de distintas características, o en zonas de distinta concentración de habitantes.

Existen otros puntos de discusión, referidos a la situación para los distintos propósitos de viajes, o si considerar el costo generalizado o el tiempo, o si considerar o no las actividades y sus localizaciones. Finalmente se cuestiona la calidad de los datos como para verificar la hipótesis.

Los puntos en cuestionamiento siguen vigentes, sobre la base que distintas investigaciones han llegado a dos conclusiones antagónicas, que el tiempo de viaje diario es y no es constante.

9. *Los niños y el uso del tiempo*: analiza los usos del tiempo de niños y adolescentes en actividades como el descanso, ocio, medios interactivos, etc., diferenciando por clase socioeconómica de los padres, nacionalidad, etc.



10. *Voluntariado*: se analiza los usos del tiempo de personas que se encargan de otras personas con problemas de discapacidad, enfermedades crónicas terminales, o son de edad avanzada. Por otra parte se analiza el tiempo dedicado a actividades sociales, comunitarias, en distintos países (Fisher, 2010).
11. *Uso del tiempo y salud*: se analiza la causalidad del patrón de usos del tiempo y la salud de las personas, en términos principalmente de salud mental. También se desarrollan estudios de tiempo de exposición a factores de salud pública, así como el efecto del tiempo de las actividades en el uso de recursos naturales y ambientales.
12. *Ocio y tiempo libre*: analiza a través los usos del tiempo, las prácticas culturales y las preferencias por el trabajo, ocio, compras, y el aprendizaje. También se enfoca a medir la calidad de vida en base a percepciones y uso del tiempo.
13. *Comer y dormir*: se analiza los usos del tiempo y sus efectos en obesidad, efectividad del descanso, etc. (Möser, 2010).
14. *Género y usos del tiempo*: analiza los usos del tiempo diferenciando hombre y mujer, en términos de la edad, actividades remuneradas y no remuneradas, etc. (Bouffartigue, 2010).
15. *Uso del tiempo y políticas*: se analizan las implicancias directas e indirectas de las distintas políticas, en los distintos países, con un enfoque general y de género.
16. *Secuencias y horarios*: analiza las relaciones entre las secuencias y tiempos asignados a actividades idénticas y no idénticas, así como las diferencias de los patrones de actividades entre día de semana y fin de semana (Vrotsou, 2010).

El tratamiento del espacio (tema relevante para esta tesis) en los estudios de usos del tiempo presenta un bajo interés científico. En muchos trabajos, la forma de abordar este tema es indirecta y generalmente asociada al comportamiento de los viajes. Por ejemplo, algunos estudios analizan el efecto gasto monetario y los factores socio-demográficos y de localización en el tiempo de la duración de las actividades de ocio, o el análisis de la influencia de los precios de los combustibles en los tiempos de viaje diario.

La aproximación de análisis espacial explícita en los estudios de uso del tiempo se enfoca preferentemente a la incorporación de tecnología GPS en las encuestas. Así, los tradicionales diarios espacio-temporales se han complementado con la ubicación geográfica a fin de obtener un sistema integrado de seguimiento y entrevistas. En esta temática, el desarrollo principal ha sido el proyecto STAR (*Space Time Activity Research*), en el que se han georeferenciado con GPS el movimiento de los integrantes de aproximadamente 2.000 hogares en Halifax (Harvey, 2009).

La georeferenciación de los trayectos de los encuestados han sido utilizados preferentemente para explorar la cadena de actividades, y mejorar la calidad de los episodios (secuencias de actividades) de los viajes (Spinney, 2008).

Pero la versión tradicional de los diarios de actividades registran la ubicación “, donde cada actividad se llevó a cabo [...] si los encuestados no está de viaje, la ubicación se registra como una descripción genérica de dónde se encuentren (domicilio, trabajo, escuela, etc.). Si están de viaje, la ubicación se define en términos del medio de viaje utilizado (coche, a pie, en autobús)” (United Nations, 2005). En este sentido, las categorías de ubicación son abstractos lugares conceptuales, cuyo objetivo es mejorar la descripción y entendimiento de la actividad que se realiza. En general no existe referencia geográfica, por lo que la ubicación está referida a la actividad que se realiza, o al medio de transporte que se utiliza.

**En síntesis:** *La investigación de usos del tiempo desde su génesis se ha enfocado a destacar desigualdades en el patrón de actividades de distintos colectivos de población, haciendo mucho hincapié en las diferencias de género. Las actividades consideradas muestran una gran resolución en el tiempo de trabajo en el hogar y el tiempo libre. Los actuales enfoques de investigación se abocan a problemas o condiciones de acoplamiento de distintas personas en el desarrollo de actividades. La unidad de observación es el individuo, y sus conclusiones se generalizan a sus colectivos asociados. La temática espacial se ha incorporado también a escala individual, para entender de mejor forma la secuencia de actividades.*

*Algunos autores (Camporese, 2011; Delfino, 2009) realzan la importancia de la dimensión territorial, a escala urbana, proponiendo que la localización puede ser utilizada como una herramienta para la integración de información de carácter espacial, en el entendimiento sinérgico del patrón de actividades y empleo de los tiempos. Esta otra información espacial (geográfica) se convierte, a su vez, en un contexto que caracteriza a la actividad y enriquece su comprensión. La localización se debe utilizar no sólo para medir distancias, velocidad, etc., sino también para identificar el entorno preciso y sus características. Estas características pueden ser objetivas (por ejemplo la calidad del aire, la contaminación acústica, las condiciones climáticas, la altitud, la densidad urbana, el uso del suelo, etc.), o subjetivas como por ejemplo la percepción de los ciudadanos. Así la localización se convierte en una variable de contexto para comprender y dar nuevos significados a las actividades.*

*Además se plantea que es necesario pasar del concepto de localización, al término de lugar (con matices culturales, de arraigo, etc.), es decir, que puede generar identidad propia.*

### 2.1.2.- Línea de investigación en la sociología del espacio (el espacio de la movilidad)

Variadas son las temáticas “sociales” que han tenido que incorporar y preocuparse del fenómeno de la movilidad del ser humano. En el contexto de la sociología, la dimensión espacial de la movilidad adquiere connotaciones bastante importantes como se verá a continuación.

La movilidad espacial tradicionalmente se refiere al desplazamiento geográfico, es decir, el movimiento de entidades desde un origen a un destino a lo largo de una trayectoria específica que puede ser descrita en términos del espacio y del tiempo que utiliza. Las entidades pueden ser concretas (insumos, productos, máquinas o personas) o abstractas (información, ideas o normas). En términos sociales el mismo fenómeno del desplazamiento se puede ver como una situación en la que también se ven influidos los puntos de partida y llegada, las trayectorias, y el viaje en sí mismo (Jirón, 2007).

La evolución técnica y logística en el transporte y las telecomunicaciones han cambiado significativamente las velocidades y las trayectorias de los desplazamientos de los individuos. En cierto sentido, el aumento de la velocidad y la eficiencia han comprimido las distancias, haciendo casi instantánea la difusión de información e ideas. Las consecuencias sociales, culturales, económicas, y políticas de este fenómeno han sido largamente debatidas en las ciencias políticas y sociales. Para muchos autores, la contracción temporal-espacial altera el entendimiento de la sociedad, y en consecuencia, los cambios en los patrones de movilidad pueden constituirse en una base fundamental de cambios sociales, cuyas consecuencias para las personas y los territorios pueden ser ahora analizados y entendidas (Harvey, 1990). Otros autores son escépticos respecto de los efectos de dicho cambio, argumentando que el dar tanta importancia a la espacialidad subestima el carácter estructurante de la necesidad permanente de los procedimientos tradicionales de la comunicación humana (Bourdin, 2003).

Estas dos posiciones respecto de la movilidad espacial y el cambio social apuntan a una pregunta controvertida en la sociología moderna, que se refiere a si ¿Estamos o no asistiendo a una fluidificación<sup>1</sup> de las estructuras sociales basadas en la creciente movilidad de bienes, información y personas? (Kaufmann, 2011). Al respecto, los estudios empíricos que confirman dichas posturas no se basan necesariamente en investigaciones diferentes, sino en diferentes interpretaciones de resultados comunes.

Por ejemplo, los territorios generalmente son representados como entidades físicas, limitadas y estáticas, imponiendo así límites teóricos y empíricos. Por lo anterior, la sociología urbana ha intentado introducir nuevos conceptos de espacio, como por ejemplo reemplazar el enfoque morfológico alveolar por uno más trascendental, logrando una noción de barrio más real y no sólo delimitado geográficamente (práctica común en los estudios actuales). Otro ejemplo son los estudios sobre el alcance y efectos de las desigualdades en la ciudad, que a menudo puede ser engañosa y contradictoria, pues los estudios urbanos de segregación mantienen el enfoque tradicional de las comunidades o barrios como territorios concretos y estáticos.

En la sociología de Zygmunt Bauman (Abrahamson, 2004), la sociedad contemporánea, denominada por él cómo la sociedad del consumo, es vista como

---

<sup>1</sup> El termino fluidificación se refiere principalmente al concepto de flujo o movimiento, es decir, a la acepción verbal del sustantivo.

una modernidad “líquida”, resaltando la movilidad como un indicador de nuestro tiempo. La globalización encapsula la creciente movilidad de capital y las élites sociales. Así la estratificación de la sociedad tiene como un factor importante a la movilidad de los componentes de los grupos. Como corolario se puede deducir que la diferenciación espacial va de la mano con la diferenciación social.

El enfoque móvil de la sociedad antes expuesto está actualmente en pleno desarrollo, sin perjuicio de lo cual se han generado dos líneas importantes de desarrollo científico, que son relevantes para esta tesis. Estas líneas tienen que ver con la construcción del lugar, y con la movilidad social.

#### *2.1.2.1.- Movilidad espacial y construcción del lugar*

La experiencia de la construcción de los lugares, y específicamente la construcción cotidiana, requiere de una comprensión siempre en revisión, en relación a las dinámicas sociales (urbanas) contemporáneas. En el trabajo de Jirón (2007) se hace un buen desarrollo del estado del arte en el tema, cuyos puntos principales se presenta a continuación.

En términos simples, las personas identifican como lugares a los puntos a los que acude para un propósito en particular, pero que también tenga un sentido para la comunidad. Sin embargo, la noción de lugar como el que hace “sentirse como en casa”, o como raíces arraigadas de comunidades, ha sido cuestionada (Massey, 1995; Harvey, 1990) debido al ritmo creciente de la globalización y la compresión del tiempo-espacio, y además por el hecho de que el hogar (referido a sentirse como en casa) no siempre es una experiencia positiva o significativa para todos.

Así, los lugares se pueden entender mejor en su contexto dinámicos (móvil), y no necesariamente bajo la tradicional visión estática de una localización (Urry, 2004). Como parte del tiempo disponible de las personas se utiliza para ir de un lugar a otro, la práctica de ser móviles (o inmóviles) se convierte en esencial para el entendimiento de estos lugares, tanto en su construcción como en su experimentación. Bajo el enfoque de movilidad se puede reconocer lugares de tipos esporádicos o comunes, los que tienen significados distintos y especiales para los habitantes urbanos.

Los procesos de globalización actuales, incluidos los avances tecnológicos, comunicacionales y financieros, así como la planificación, la comercialización, las tendencias de marca, y la arquitectura de las ciudades globales tienden a generar espacios urbanos que aparecen como clones entre distintos países, siendo cada vez menos distinguibles y/o diferenciados, conformando a menudo un “no lugar” en los términos de Relph (1976). Algunos autores plantean que a medida que los lugares pierden su carácter distintivo, se pierde su realidad y su significado, mientras que otros insisten en que el lugar persiste como elemento constitutivo de la vida social y del cambio histórico (Sheller, 2006).

De acuerdo con Savage, la construcción del lugar sigue siendo relevante hoy en día, (Savage, 2005), sin embargo su conformación en la ciudad contemporánea es complejo. Massey (1995) afirma que si la organización social del espacio está cambiando y alterando las ideas existentes sobre el lugar, entonces el concepto de lugar debe ser replanteado por completo. Esto también es porque ideas vinculadas a la identidad o representatividad del lugar pueden excluir a los migrantes, los exiliados, mujeres, hombres o niños. En este sentido, los lugares se pueden caracterizar por ser ubicaciones en donde se generan intersección entre relaciones sociales y las actividades, en el tiempo (ob.cit.). Pero, por otra parte, construir el lugar siempre implica una apropiación y transformación del espacio y la naturaleza

que es inseparable de la reproducción y transformación de la sociedad. Así visto, el lugar es abierto, permeable, y siempre en construcción.

Además, los lugares pueden tener diferentes escalas, tipo (público / privado), o de características (fijo / móvil), todos los cuales no se excluyen entre sí y a menudo se superponen en el tiempo y en el espacio (McDowell, 1999). Así, el espacio no es sólo un contenedor de lugares, sino que es una parte integral de los mismos. Como tal, el lugar no es sólo lo que se observa fugazmente en el paisaje, o el donde se instala una actividad, o las interacciones sociales, es también lo que se lleva a cabo sin cesar, lo que contribuye a la historia en un contexto específico a través de la creación y utilización del espacio físico (Pred, 1986). Este emplazamiento o ubicación de lo que sucede puede ser fija, o móvil en el contexto de la vida urbana contemporánea.

Los lugares móviles, o espacios de movilidad y viaje son reconocidos por algunos autores como no-lugares (Auge, 1995), dado que se aprecian como lugares sin raíces físicas. La movilidad y los viajes implican diferentes formas de emplazamiento y desplazamiento, según género, edad, religión, grupos de ingreso, grupos étnicos, lugares, etc. Los lugares tienen que ver con las relaciones, con el emplazamiento (o desplazamiento) de personas, con materiales, con imágenes, y con los sistemas de diferenciación que se realizan (Sheller, 2006). El lugar es tanto el contexto de la práctica como un producto de la práctica, por lo tanto, las prácticas que se realizan son de extrema relevancia. Los lugares nunca se completan, acaban o limitan, pues es un proceso que está siempre en cambio (Cresswell, 2001). Asimismo, los lugares se construyen a través de las relaciones que los constituyen, las que presentan límite. Estos límites son a la vez espaciales y sociales, definiendo así a los incluidos y los excluidos, así como el sitio de la experiencia. Como todo límite, su determinación y estabilidad es variable, debido a las incesantes luchas que los producen, teniendo la posibilidad de ampliación o de contracción. En este sentido, el lugar se constituye a través de prácticas sociales reiterativas, lo que significa que el lugar se hace y se rehace día a día. Esto es lo que hace que sea especialmente relevante hoy en día.

En este contexto, la movilidad se refiere a todas las formas en que las personas se relacionan socialmente cambiando de lugar (Bourdieu, 2003), lo que significa más que la suma de los desplazamientos realizados. La movilidad puede ser física, pero también puede ser virtual o imaginaria (Sheller, 2006). Urry (2003) plantea que el viaje no ha sido suficientemente investigado, excepto para el trabajo de los ingenieros de transporte y economistas, que tienden a examinar simples categorías de viajes (trabajo, estudio, compras, etc.). Así planteado, no puede existir una comprensión social del viaje, enmarcada sólo a los tipos y modos de transporte. La comprensión social proviene de la experiencia de la movilidad, vista no como un fin, sino como un medio para desarrollar actividades socialmente condicionadas. Es a través de este enfoque de experiencias que se deberían entender las razones y consecuencias de los desplazamientos, como por ejemplo de lo trascendental que es llevar a los niños al colegio, o el esfuerzo de viajar al trabajo, o el gozo de ir de compras. Entender la movilidad como experiencias prácticas de los individuos, de acuerdo a su realidad locacional y socio-económica, amplía su comprensión más allá del transporte (limitado al enfoque de oferta y demanda de infraestructura y medios de transporte, al número de desplazamientos por persona y día, según al propósito, modo, itinerario y tiempo) (Montezuma, 2003).

Por otro lado, mientras que los tradicionales estudios de movilidad y transporte dejan de lado los procesos sociales involucrados en el viaje (y de cómo estos afectan a la vida de las personas), gran parte de la investigación en ciencias sociales ha sido a-móvil, ignorando o trivializando el movimiento de las personas con fines de trabajo, familiar, ocio, placer, política, o protesta (Sheller, 2006).

Dichos estudios no examinan la forma social de la vida, presuponiendo tanto el movimiento real como el imaginario entre lugares, personas, o experiencias. Dicho esto se puede plantear que la movilidad se inserta en el interior de los complejos patrones que transforman las relaciones sociales, las mismas que las ciencias sociales tratan de explicar (Urry, 2003).

La noción de lugar en un contexto móvil es crucial, pero no es simple de definir, pues implica analizar las consecuencias para las diferentes personas y localizaciones. Conceptualmente se podrían detectar "vías rápidas y lentas" de la vida social, y consecuentemente identificar los lugares, tecnologías, y accesos que mejoran la movilidad de algunos o hacen inmóviles a otros (Sheller, 2006). Por otra parte las experiencias generadas por la movilidad o la inmovilidad no son ni positivas ni negativas per se, sino que dependen del contexto. Un ejemplo de esta relatividad es el planteamiento que el tiempo de viaje no es un tiempo perdido (o muerto), que los individuos buscan siempre minimizar; algunas actividades se producen durante el movimiento, por lo tanto, el viaje no es sólo una cuestión de llegar a un destino (ob.cit.).

Otro ejemplo tiene que ver con el carácter de confinamiento de los lugares. En este sentido la auto-segregación espacial de las clases altas, y la segregación espacial de la clase baja, resultan ser situaciones relevantes de ser analizados en estudios de la movilidad cotidiana urbana, ya que pueden dar luces de cómo se conforman las restricciones o limitaciones de los individuos en la construcción de lugar móviles, dadas las limitantes físicas, sociales, económicas, culturales, etc.

Así, resulta muy relevante la necesidad de aclarar si, a pesar de los altos niveles de movilidad en zonas urbanas, el punto de partida contribuye a perpetuar la desigualdad existente, y por lo tanto a limitar los lugares a lo largo de los viajes diarios, o independientemente del punto de partida, los lugares se expanden o amplían en base a la experiencia de ser móvil en la ciudad.

La discusión anterior genera la inquietud respecto que la idea de entender que el proceso de construcción del lugar en el contexto de la movilidad cotidiana urbana requiere un replanteamiento tanto del objeto de investigación, así como de las metodologías para la investigación. Las prácticas o experiencias urbanas requieren de una explicación más detallada (Soja, 1999).

Las posturas anteriores influyen y se concretan, de mejor o peor manera, en estudios empíricos específicos. A continuación se presentan algunos de estos trabajos, que cumplen con considerar de forma explícita la relación entre la movilidad y la creación del lugar.

En el trabajo de Collins (2005) se analiza la reconstitución de la identidad homosexual a escala transnacional. El autor se centra en Filipinas, identificando como los grupos homosexuales, que siguen siendo invisibles o no explícitos a la sociedad, crean su espacio (o lugar) en la localidad de Malate, en la ciudad de Manila. Desafiando la percepción de que la identidad homosexual es occidental, el autor se centra en cómo la identidad se constituye a través de movilidad en el espacio urbano. Se discute que la creación del lugar es una estrategia que permite a la comunidad homosexual construir su identidad en Malate, a pesar de su exclusión social en el proceso de gentrificación urbana.

En el trabajo de Bærenholdt y Granås (2008) se analiza la periferia norte de Europa, y específicamente la forma del cómo la población vive en espacios tan remotos, en un mundo global emergente, bajo los paradigmas de conectividad, la interdependencia, y la movilidad, entre otras. Se analizan variados casos con una amplia gama de experiencias que van desde turistas y pobladores locales, hasta los

que emigran en busca de trabajo en industrias, o para mantener un estilo de vida urbano/rural. Los análisis demuestran cómo la movilidad y el lugar se constituyen mutuamente y cómo las relaciones específicas entre estos aspectos son cruciales en la creación de sociedades. El trabajo intenta reinventar lugares, en base a la construcción de "nuevos paisajes", interconectando la necesidad entre empresas, municipalidades, y modos de vida de las personas.

Por otra parte, Cervero (2010) plantea que actualmente la infraestructura de transporte es fundamental para la competitividad de las ciudades y regiones en el mercado global, en el sentido que reconoce lo esencial de crear ciudades funcionales y habitables para la competitividad global. Lo anterior plantea el desafío de lograr un equilibrio adecuado entre la infraestructura de transporte (como un canal económico) y objetivos más amplios como son la construcción del lugar y de comunidades, tomando como ejemplo contextos asiáticos, europeos y americanos.

Finalmente, el trabajo de Pink (2008) plantea que en los recientes debates antropológicos llama la atención la importancia que se les da al estudio de "las rutas de movilidad". El trabajo se basa en la noción de etnografía visual (que se refiere al uso de imágenes animadas como instrumentos adecuados para la observación, descripción y análisis de la realidad humana), pero incorpora el movimiento. La autora examina lo que los etnógrafos visuales puedan aprender del análisis de las rutas y las movilidades, y de cómo estos están representados en la cultura visual local. Es así que el trabajo analiza una serie de relatos de experiencias locales, en formato audiovisual fotográfico y narrativo. Finalmente se concluye que este enfoque puede proporcionar a los etnógrafos visuales una comprensión significativa de cómo se construye el lugar.

#### *2.1.2.2.- Relación entre movilidad espacial y movilidad social. El concepto de motilidad*

Del concepto de lugar presentado en el punto anterior, se ha dado un paso más al relacionar la movilidad social con la movilidad espacial. La movilidad social se entiende de forma general como el movimiento en la posición social de los individuos, familias o grupos dentro de una estructura o red social determinada. En la mayoría de los estudios sociológicos, el término se refiere a la movilidad intergeneracional, es decir, cambios en la posición social de los hijos en relación a la de sus padres durante un periodo de tiempo. A la movilidad social de un colectivo en el tiempo se le denomina generalmente cambio social. Los indicadores más utilizados para medir la movilidad social son los cambios de categorías laborales-ocupacionales de las personas. Por lo tanto, el entendimiento y medición de la movilidad social requiere de una conceptualización teórica de la estratificación social.

Se han hecho grandes esfuerzos en estudios teórico y empírico de movilidad social (Lipset, 1959; Blau, 1967; Featherman, 1975; Erikson, 1992). El enfoque de los estudios de orientación política tiende a considerar la movilidad social de manera positiva, en el sentido que se reconoce como un catalizador para el logro de la justicia social en términos de distribuciones más igualitarias de los recursos y los beneficios. La evidencia empírica sobre el grado real de la movilidad intergeneracional en las sociedades modernas tiende a ser mixtas, aunque la mayoría de los sociólogos empíricos destacan el efecto de la herencia social de los padres, en términos de precondiciones de posteriores ventajas y/o desigualdades.

Esta línea de estudios no ha estado ajena a posturas contradictorias al respecto. Por ejemplo en las categorías de clase social, la pobreza o exclusión suelen ser construidas de tal forma que las unidades (por ejemplo, individuos, familias o

grupos) caen dentro de sólo una de ellas (mutuamente excluyentes). Estas categorías de clasificación son indiferentes al contexto situacional y la dinámica de las sociedades modernas (mayor participación de las mujeres en el mercado laboral, variaciones geográficas socio-económicas, o el cambio en la naturaleza y el significado del trabajo). Mientras que algunos investigadores se centran en la consistencia de la estructura ocupacional a lo largo del tiempo medida por reglas rígidas, otros exploran cambios sociales, dinámicos y variables. Si las estructuras sociales existen o están cambiando, dependerá en gran medida de los ámbitos teóricos y, en consecuencia, de la elección estratégica de presentación de la evidencia empírica. Así, el acuerdo o desacuerdo sobre la relación entre la movilidad espacial y social está fuertemente determinado por la naturaleza del marco teórico que se adopte.

Muchos sociólogos contrarrestan la tesis de la movilidad conjunta (social y espacial), con una gran cantidad de evidencia empírica que demuestra la estabilidad de las estructuras sociales a través del tiempo. En vez de elegir y defender una posición, puede ser el momento de refundir estos problemas, generando preguntas de investigación más interesantes.

Más allá de los desacuerdos acerca de la relación entre la movilidad espacial y social, hay una serie de paralelismos interesantes de analizar (Kaufmann, 2011). En primer lugar, las dos formas de movilidad tienen que ver con el cambio estructural y la transformación social. En segundo lugar, ambos están relacionados con las condiciones previas y las consecuencias del movimiento (la movilidad espacial incluye a los sistemas de transporte y comunicaciones como controladores, del espacio tiempo, mientras que la movilidad social propone la reciprocidad entre el entorno social, los acuerdos institucionales, la herencia y los logros). En tercer lugar, ambos hacen hincapié en la importancia del espacio (social o geográfico) y el tiempo (efectos temporales en la posición y estructura social versus la velocidad de desplazamiento de bienes, información, y personas). En cuarto lugar, ambas movilidades comprenden diferentes ámbitos de actividades, recursos, y condiciones institucionales.

De lo anterior se desprende que el debate sobre la movilidad es mucho más amplio que simplemente el desplazamiento de entidades o el paso de los individuos de una clase social a otra. Se refiere a todo el potencial de la movilidad, sus limitaciones y ámbitos de acción, e incluye una variedad de aspectos sociales, culturales, políticos, y económicos. Por esto, la movilidad social-espacial puede ser considerada como uno de los temas fundamentales de las ciencias sociales, que obliga a repensar la dimensionalidad del espacio y su relación con los fenómenos y estructuras sociales. Surge así un nuevo planteamiento que demuestra el interés en dicha unión, proponiendo una relación dialéctica entre la teoría y los estudios empíricos, además de elaborar un marco general (ob.cit.).

Con base en estas consideraciones, Kaufman (2004) propuso un concepto teórico que concibe a la movilidad espacial y social, como indicador de una forma más global de la movilidad que no se limita a los desplazamientos. Así surge el concepto de "Motilidad", que se puede definir como la capacidad de las entidades (bienes, información o personas) para moverse en el espacio social y geográfico, o como las entidades adquieren la capacidad de movilidad socio-espacial de acuerdo a sus circunstancias.

Motilidad es un término que se utiliza en biología y medicina para referirse a la capacidad movimiento de un organismo u órgano (en el caso de la fisiología). En sociología, se ha utilizado esporádicamente por Bauman (2000) para describir la capacidad de ser móvil. También se encuentra en los análisis sociológicos del cuerpo (Mol, 2000) para describir el cuerpo en movimiento.



La motilidad introduce las dimensiones estructurales y culturales del movimiento y la acción, en el sentido de reconocer que la capacidad real o potencial de movilidad socio-espacial puede llevarse a cabo de manera diferente, o tiene consecuencias diferentes en diferentes contextos socio-culturales.

Las investigaciones empíricas analizan los cambios temporales en la extensión, las razones y la forma de la motilidad. En general, la motilidad abarca elementos interdependientes en materia de; el acceso a las diferentes formas y grados de la movilidad, las competencias para reconocer y hacer uso del acceso, y la decisión definitiva o apropiación (incluyendo la opción de la no-acción) (Kaufmann, 2004). A continuación se desarrollan más estos conceptos.

- Por **acceso** se entiende la gama de movilidad posible en relación a un lugar, al tiempo, y a otras restricciones contextuales, y puede ser influenciado por las redes y la dinámica al interior de los territorios. El acceso está restringido por las opciones y las condiciones, refiriéndose las opciones a los medios de transporte y comunicación, así como los servicios y equipamientos (actividades) disponibles en un momento determinado. Por otra parte, las condiciones se refieren a la accesibilidad de las opciones, en términos de costos de localización, logística, y otros. Obviamente, el acceso depende de la distribución espacial de la población y la infraestructura (pueblos y ciudades ofrecen una gama de diferentes de bienes y servicios), de las políticas de ordenación (usos de suelo, transporte, etc.), y la posición socio-económica (poder adquisitivo, posición en una jerarquía o red social, etc.)
- Las **competencias** incluyen las habilidades y capacidades que influyen directa o indirectamente en el acceso y la apropiación. Las competencias en términos de movilidad se basan en tres factores determinantes, que son: la capacidad física (capacidad de transportar una entidad de un lugar, dentro de las limitaciones dadas), las normas y reglamentos del movimiento (licencias, permisos, conocimiento del territorio, etc.), y la capacidad de organización (la planificación y sincronización de actividades que incluyen la adquisición de información, habilidades y destrezas). Así, las competencias son multidimensionales e interdependiente con el acceso y la apropiación.
- La **apropiación** se refiere al cómo los agentes (personas, grupos, redes o instituciones) interpretan y actúan en base a sus habilidades y a sus percepciones o realidades de acceso. La apropiación se forma por las necesidades, aspiraciones y entendimientos de los agentes, y se relaciona con las estrategias, los motivos, los valores y los hábitos. La apropiación describe cómo los agentes consideran apropiadas y seleccionan opciones específicas. También es el medio por el cual se evalúan habilidades y decisiones.

Estos tres elementos constituyen la motilidad, y están principalmente asociados a los procesos sociales, económicos y políticos, dentro de los cuales se desarrolla la movilidad.

Así planteado, la motilidad tiene características de "capital" (ob.cit.). Más allá de las características verticales y jerárquicas de las formas de capital, la motilidad tiene una cualidad vertical adicional que son las limitaciones espaciales y contextuales, que impone una mayor diferenciación de este tipo de capital. La principal virtud de un enfoque sistémico de la movilidad (motilidad) es el reconocimiento de que el movimiento puede tomar muchas formas, que las diferentes formas de movimiento pueden ser intercambiables, y que la

potencialidad social del movimiento se puede expresar como una forma de "capital de movimiento".

El desarrollo de estudios empíricos sobre motilidad es aún escaso. A pesar de esto, en la actualidad existen lineamientos claros para enfocar estos desarrollos.

Una forma de ilustrar la motilidad es estudiar los sistemas de transporte y telecomunicaciones, los cuales revelan la importancia de integrar las relaciones entre las redes, el contexto, y la posición social en relación con la motilidad.

La motilidad (actual y potencial) se diferencia para cada miembro del hogar, originando que las rutinas diarias de la familia sean complejas e interdependiente, en particular en relación con la multitud de actividades de cada miembro del hogar, así como los diferentes espacios en los que estas actividades se llevan a cabo. Es por lo anterior que el patrón de actividades refleja de buena forma los roles y la posición social de los individuos. Recíprocamente, las actividades desarrolladas también re-confirman la posición social y la movilidad potencial sobre la base de reglas y normas sociales. La motilidad puede revelar aspectos importantes relacionados con la calidad de vida, estudiando las secuencias de actividades en el espacio en relación con la estabilidad y los cambios en la posición social. La complejidad de la relación entre el status social y los espacios de vida, generalmente se enfoca a la influencia de las telecomunicaciones y los sistemas de transporte (por ejemplo, ordenadores portátiles en los trenes de cercanías, etc.), la que podría analizarse en términos de los conceptos antes presentados de acceso, competencia, y apropiación. Los comportamientos y las restricciones pueden resaltar el donde los actores tratan de negociar su potencial de movilidad social y espacial, de acuerdo a diferentes contextos y posibilidades (Kaufmann, 2002; Flamm, 2004).

Las redes sociales, en su dimensión espacial, se podrían estudiar fructíferamente bajo el concepto de motilidad. Las redes expresas de transporte redefinen de forma selectiva la distancia y el espacio, potenciando al mismo tiempo la segregación social y espacial, al producir nuevas formas de trabajar y residir (multi-residencial, multi-ocupacional). Este fenómeno puede ser abordado a nivel individual (Perrot, 1998), pero un análisis en un nivel intermedio, es decir, a nivel de las redes, puede ser potencialmente más revelador de la relación entre el movimiento espacial y social. La multiresidencia, por ejemplo, produce nuevas redes sociales al relativizar la proximidad entre los individuos de la red, o de otras redes. Estudios relacionados con esta idea han puesto de manifiesto que el desplazamiento en sí mismo, es decir, no sólo el punto de partida o de llegada, sino que también los contactos durante el desplazamiento, crea nuevos vínculos con redes sociales alternativas (Bailly, 2001). La relación socio-profesional formada de esta manera puede ser considerada como el resultado de la motilidad de los individuos.

Otra manera de analizar la motilidad en relación al transporte se relaciona con las nuevas formas de segregación espacial. La multi-residencia, la multi-ocupación, o el recorrer distancias relativamente grandes entre el lugar de ocupación y de residencia, es mucho más probable entre ciertas categorías sociales de la población. Los guetos suburbanos y la alta dependencia del automóvil son sólo algunas de las condiciones que conducen a la diferenciación social (Kaufmann, 2002). También en este caso, el concepto de motilidad hace que sea posible dar cuenta de las estrategias y las limitaciones en la negociación del espacio social y geográfico en relación con los territorios y las redes.

En un nivel macro de análisis, las movilidades sociales y espaciales se pueden estudiar en el comportamiento de las corporaciones de negocios. La migración de

una empresa puede ser comparada con un ascensor social, ya que la riqueza, la pobreza, el empleo, la infraestructura, etc., se crea o destruyen de acuerdo con el origen y el destino del desplazamiento corporativo (Bassand, 1985). Dicho cambio locacional está directamente relacionado con los cambios de la ocupación, la situación laboral, y la posición social. Hoy en día, la situación es más complicada debido en parte a la capacidad de actuar de forma remota (Ascher, 2000), así como de la movilidad relativa de los hogares siguiendo puestos de trabajo. La capacidad de actuar de forma remota, un enfoque particular de la motilidad, va mano a mano con el desarrollo de las redes técnicas de comunicación y transporte, lo que hace que esto sea posible.

En suma, el concepto de motilidad tiene tres ventajas importantes en relación con la investigación empírica de los vínculos entre la estratificación social y el espacio. Motilidad va más allá de una integración simple entre la movilidad social y espacial, ya que incorpora como nuevos actores la cultura, las redes, las instituciones y la sociedad, además de permitir nuevas formas de investigaciones relacionadas con los vínculos entre las redes de comunicación y territorios en un contexto de una multitud de sistemas de comunicación existentes y emergentes. Finalmente, su conceptualización como una forma de capital que pueden ser movilizados y se transforma en otros tipos de capital (económico, capital humano y social) permite hacer contribuciones originales en el área de investigación relacionadas con la desigualdad social y el cambio social.

#### *2.1.2.3.- Otras líneas de investigación que se basan en el comportamiento espacial de las personas*

Además de las líneas de investigación antes presentadas, existen otras líneas temáticas que requieren conocer el comportamiento espacial de los individuos, de forma de sustentar especialidades específicas.

Uno de estas líneas es la epidemiología espacial, que se ocupa del estudio del comportamiento espacial de las enfermedades, en su mecanismo de contagio y/o transmisión. En este tema se han hecho grandes desarrollos para entender y modelar el movimiento de las personas, y posteriormente analizar el fenómeno específico de la propagación de distintas enfermedades (Brockmann, 2009). En este tipo de estudios no interesa tanto el comportamiento espacial, sino más bien el comportamiento epidemiológico de la enfermedad. Es por esto que los modelos que describen los patrones de movilidad son probabilísticos, en los cuales el movimiento se explica por sí mismo, no existiendo variables explicativas que influyan en dichos patrones (González, 2008; Brockmann, 2006; Song, 2010).

Otra línea diametralmente distinta es el geomarketing, el que da un tratamiento espacial y geográfico a toda la maquinaria analítica y metodológica del marketing. En este sentido, el comportamiento de las personas es vital para determinar las estrategias de marketing en mercados de productos competitivos. Los modelos desarrollados son relativamente estáticos en relación al comportamiento cotidiano de la demanda (Cerdeira, 2001).

***En síntesis***, de los antecedentes expuestos resaltan algunos puntos interesantes en el marco de la presente tesis, los que se pueden resumir como sigue:

- *La irrupción de la movilidad, como un elemento de investigación, en los estudios sociales es relativamente reciente, a pesar de que el espacio ha sido parte de una larga tradición de investigación sociológica.*

- *La complejidad que presupone conceptualizar la conformación del lugar, en un contexto de espacio móvil, plantea grandes desafíos conceptuales y metodológicos para los estudios empíricos, que recién ahora se están enfrentando.*
- *Los conceptos de “experiencias” individuales encajan muy bien con el enfoque de cadena de actividades de los individuos. No ocurre lo mismo con el concepto de lugar, en el entendido que se refiere sólo a una parte de dicha cadena. Al respecto, de la literatura se aprecia que aun no existe en concepto del lugar “integral”, es decir, el lugar construido por la secuencia de actividades y viajes cotidianos de las personas. Esto puede deberse, tal vez, al hecho que el viaje tradicionalmente no se ha considerado como un “espacio” (por ende un no lugar), como bien lo documentan tanto Jiron (2007) como Kaufman (2004).*
- *Tanto el enfoque de motilidad como el de construcción del espacio son coherentes y complementarios con el concepto de funcionalidad, pero asociados a las personas. Claramente la funcionalidad adolece de la significancia sociológica de la persona, pero se muestra como una buena base técnico-empírica, necesaria para dar sustento a posteriores investigaciones de motilidad y construcción del espacio social.*
- *Por otra parte, el interés de la tesis se enfoca a las actividades desarrolladas en la ciudad, pasando del comportamiento individual al de todas las personas en su conjunto. En este sentido, el estado del arte en el tema no muestra la consideración (ni menos la operatividad) de los factores sinérgicos que se producen de la coexistencia colectiva en los espacios, en los estudios de los comportamientos individuales. Dicho de otra forma, como el resultado de todos los comportamientos individuales, de forma agregada y sinérgica, condiciona el comportamiento de un individuo aislado. Lo anterior daría las bases para construir la sociología de las ciudades, a partir de la sociología, enfoque a la cual apunta la presente tesis.*

### 2.1.3.- Línea de investigación en la Geografía del tiempo

En la presentación realizada por Hägerstrand<sup>2</sup> en 1969 como presidente de la Asociación de Ciencias Regionales (*Regional Science Association*), en el marco del noveno congreso europeo, el autor reflexiona sobre la visión que se tiene de las personas en la ciencia regional, y presenta la estructura conceptual de la geografía del tiempo (*Time Geography*).

Hägerstrand (1970) argumenta haber seguido la línea de considerar más de cerca el problema emergente en ese entonces en la planificación, la política, y la opinión pública, referente a la consideración del ser humano como individuo en un entorno cada vez más complejo.

Pero el primer cuestionamiento que se hace el autor es, si este problema entra en el dominio de la ciencia regional, respuesta que surge al definir la ciencia regional como una ciencia social, por lo que la aproximación a los individuos también tiene relevancia científica.

#### *2.1.3.1.- Principios y elementos de la geografía del tiempo*

En la explicación de la estructura conceptual que propone, critica a los economistas por ser demasiado rápidos en sugerir que los problemas se resuelven cambiando de sitio. Este cambio (conveniente en la teoría y a menudo en la realidad), implica dos cosas: primero, que exista un lugar donde ir que merezca la pena; y segundo, que no importe lo que se tenga que abandonar. Tanto lo que se abandona, como lo que se busca en la nueva localización es un fácil acceso a los colegios, a otros servicios educacionales, a universidades, bibliotecas, teatros, salas de concierto, médicos y hospitales, servicios de seguridad, campos de deportes, parques, incluso silencio y aire limpio (ob.cit.).

En esa época no existían trabajos relacionados a la ubicación y el dimensionamiento de estos lugares en relación con la distribución espacial de las necesidades. La pregunta que entonces le surgió fue si los esfuerzos para dar realismo espacial y generalidad a los aspectos económicos se habían reflejado también en un realismo humano y generalidad a aspectos de organización espacial. La respuesta a esta pregunta era difícil de encontrar en esa época, así como señalaban Isard y Reiner en 1966 *"Los modelos sobre el comportamiento humano en el espacio han estado principalmente orientados a la conducta probabilística de las masas"* (Miller, 2005).

Nada realmente general se podría decir sobre las regularidades del comportamiento de las masas, hasta que no se aclarara hasta cuándo dichos comportamientos permanecen invariantes, frente a cambios en la organización temporal-espacial de la persona.

Así, resultaba interesante para Hägerstrand determinar hasta qué punto las variaciones en los supuestos básicos de las unidades domésticas (hogares o individuos), afectarían, por ejemplo, los principios de la Teoría del Lugar Central o de los modelos de transporte. Pero era incuestionable la existencia de relaciones directas y fundamentales que debían ser explorados entre la micro-situación del individuo y el resultado agregado a la masa social.

---

<sup>2</sup> Geógrafo sueco, profesor emérito de Geografía en la universidad de Lund, donde recibió su doctorado en 1953

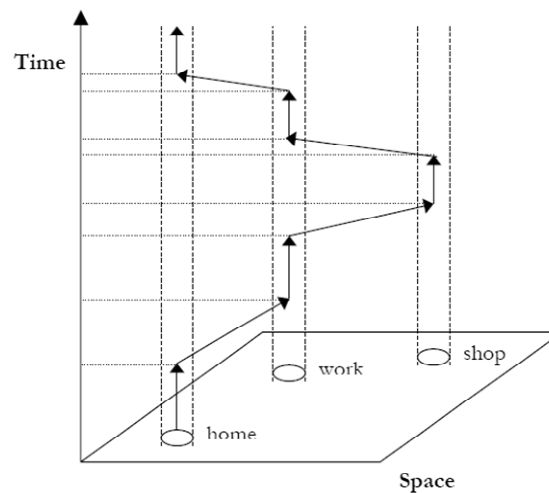
Lo anterior, sentaba las bases de la necesidad puramente teórica de estudiar más de cerca al individuo en su referencia situacional, para mejorar la capacidad de relacionar la conducta de las masas con la de los individuos.

Surgía entonces un problema, pues a escala agregada era bastante razonable eliminar el tiempo encubriéndolo con costes de transporte y de almacenamiento, en tanto que el condicionamiento de los insumos y productos era el principal interés del análisis locacional en la época. En cambio, esto era poco razonable de hacer cuando se analizaba a las personas, ya que si bien algunas veces un individuo desarrolla varias actividades al mismo tiempo, lo más frecuente era que las actividades fuesen excluyentes. Así, el individuo tiene que pasar por cada punto de la escala temporal. Cada punto en el espacio no requiere lo mismo de él; sólo es necesario que esté en algún lugar de un entorno que, como mínimo, le garantice unas condiciones para sobrevivir. Pero este "lugar" está siempre ligado al "lugar" de un momento anterior. Los saltos de "no-existencia" no están permitidos. Esto significa básicamente que el tiempo tiene una importancia vital cuando se trata de situar juntas a personas y cosas para el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos.

La idea de Hägerstrand era introducir un concepto espacio-temporal que podría ayudar a desarrollar una suerte de modelo del tejido socio-económico. El concepto de trayectoria vital (o porciones de esta trayectoria, día/semana, etc.) podía mostrarse fácilmente de forma gráfica.

Con su desarrollo formal, Hägerstrand planteó una importante base conceptual y analítica para comprender el fenómeno social en la ciudad. Para esto estructuró un sistema coordinado tridimensional, constituido por un plano cartesiano que representa la componente espacial, y un eje ortogonal que representa la componente temporal. En la figura II.1 se muestra este esquema, con la ejemplificación del trayecto diario de una persona, cuya secuencia de actividades es salir del hogar para ir al trabajo. Desde el trabajo, va a comprar, para luego retornar al trabajo, y finalmente retornar al hogar.

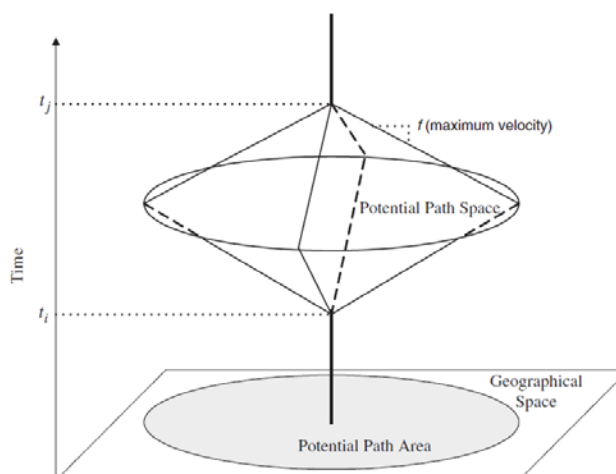
Así, en el plano espacial se detectan los lugares utilizados en cada actividad (casa, trabajo, compras), y los vectores espaciales de desplazamiento. Por otra parte se detectan los tiempos utilizados en el desarrollo de las actividades (duración), y los tiempos utilizados en el desplazamiento entre actividades.

**Figura II.1.-** Trayecto espacio-temporal individual

Fuente: Miller, 2005.

De lo anterior se desprende que son tres los elementos son centrales en la geografía del tiempo (Miller, 2005). El primero es el trayecto espacio-temporal del individuo (*space-time path*), como el que se muestra en la figura II.1. Los trayectos individuales caracterizan el espacio de actividades de los mismos (limitado al entorno utilizado por el individuo), y de las influencias que otras actividades ejercen como puntos de atracción de la movilidad cotidiana. Por otra parte, dichos trayectos pueden detectar distintas configuraciones o estructuras espacio-temporales, como por ejemplo *acoplamientos* (uniones de dos o más individuos en una actividad específica), *proyectos* (conjunto de trayectos espacio-temporales y actividades con el objeto de lograr un objetivo final ya sea individual o institucional), *sistemas de actividades espacio-temporales* (patrones espacio-temporales estables o comunes, a multi-escala, que surgen de la asignación integrada de tiempos a las actividades en el espacio).

El segundo elemento central en la geografía del tiempo es el prisma espacio-temporal (*Space-time prism*). Este elemento es una extensión del trayecto espacio-temporal, que surge de cuantificar la capacidad de llegar a lugares en el espacio y el tiempo, dada la ubicación y la duración de las actividades fijas.

**Figura II.2.- Prisma espacio-temporal individual**


Fuente: Miller, 2005.

La figura II.2 muestra un prisma sencillo, en donde la persona debe estar en un lugar determinado (por ejemplo trabajo) hasta el tiempo  $t_i$ , y luego puede desarrollar otras actividades, con la condición de volver al mismo punto en el tiempo  $t_j$ , con una velocidad máxima conocida y finita. En este caso sencillo, el prisma está compuesto por dos conos: (i) un menor cono con un vértice en el lugar la primera actividad y orientado hacia adelante en el tiempo y (ii) un cono mayor con un vértice en el mismo lugar de salida, pero orientado hacia atrás en el tiempo. El espacio de posibles trayectorias (*potential path space*) es el volumen al interior del prisma, el que contiene todas las ubicaciones en el espacio-tiempo que la persona puede ocupar durante el período  $t_i-t_j$ . Así se puede determinar que un individuo puede interactuar con otro en las situaciones en que los interiores de ambos prismas se cruzan, o si el prisma de uno se cruza con el trayecto del otro. La proyección del prisma en el plano geográfico de dos dimensiones delimita el área de la trayectoria potencial (*potential path area*), que contiene el conjunto de ubicaciones geográficas que la persona puede ocupar durante el período  $t_i-t_j$ .

El tercer elemento central en la geografía del tiempo es la "estación", que corresponde a una localización en el espacio donde los trayectos se pueden acoplar o agrupar (clúster) en el espacio y el tiempo. Ejemplos de estos son puntos de venta, oficinas, aulas, estadios, etc. Estos elementos se representan tradicionalmente por tubos verticales con una duración limitada, y con los trayectos espacio-temporales agrupados en el interior.

La geografía del tiempo distingue entre actividades fijas y flexibles, en función de su grado de flexibilidad en su localización en el espacio, y en su programación en el tiempo. Así, las actividades fijas (tales como el trabajo, y en menor grado estudio) no puede ser reprogramado en el tiempo, o reubicadas en el espacio, a voluntad del individuo. Por otra parte, una actividad flexible (como ir de compras) es mucho más fácil de reprogramar y/o reubicar. Aunque la diferenciación entre actividades fijas y flexibles puede ser ambigua, lo que si se cumple es que las actividades fijas tienen fuertes restricciones de acoplamiento, mientras que las actividades flexibles requieren de acoplamientos más simples en el espacio y el tiempo.

En lugar de intentar predecir el comportamiento espacial del individuo, la geografía del tiempo finalmente sintetiza las limitaciones que afectan a las actividades individuales en el espacio y el tiempo. Es así que dichas restricciones se pueden sintetizar en:



- (i) Restricciones de capacidad de los individuos (renta, disponibilidad de coche, capacidad física, acceso a transporte público, etc.).
- (ii) Restricciones de acoplamiento de individuos en las actividades (necesidad de interacción con otros individuos para el desarrollo de la actividad).
- (iii) Restricciones de las autoridades públicas o privadas (por ejemplo restringir la presencia física de algunas actividades en el espacio y el tiempo, como barrios cerrados, funcionamientos de centros comerciales, etc.).

Las críticas que surgieron a las primeras publicaciones de la geografía del tiempo apuntaban a que dicho enfoque geográfico era demasiado físico y mecánico, transformándolo en un buen exponente de una (aún inexistente) ingeniería social (Miller, 2005). Para muchos, el enfoque puso mucha atención a la escena física, siendo el individuo un objeto, y no un ser con pensamientos, sentimientos, y expectativas de futuro. Ya en la década de los 80´s esta crítica desapareció.

La crítica que aun se mantiene es la que se refiere a que la geografía del tiempo pasa por alto la importancia de la geografía, y la capacidad de la acción humana, además de no dar respuestas a muchas preguntas sobre cómo y por qué los individuos desarrollan las actividades y trayectos en el espacio-tiempo. Esto se aprecia en el siguiente comentario de Harvey (citado en Lenntorp, 1999):

*"La geografía del tiempo es un descriptor útil de cómo la vida cotidiana de las personas se desarrolla en el espacio y el tiempo. Pero no nos dice nada acerca de cómo surge las "estaciones" y los "dominios". También deja de lado la cuestión de cómo y por qué ciertos comportamientos sociales (denominados proyectos), y sus limitaciones de acoplamiento se tornan hegemónicos. Tampoco hace ningún intento de comprender el por qué determinadas relaciones sociales dominan a otras, o cómo el significado se asigna a los lugares, espacios, la historia y el tiempo".*

Uno de los mayores riesgos, que reconoce personalmente Hägerstrand, es la posibilidad de perderse, suponiendo que la conducta agregada se desarrolla como una suma de conductas individuales reales, sin llegar a encontrar indicios para entender cómo el sistema funciona en conjunto (las relaciones sinérgicas entre las conductas individuales al momento de agregarse).

#### 2.1.3.2.- Los estudios empíricos con base en la geografía del tiempo

La representación espacial del movimiento que un individuo desarrolla a lo largo del tiempo, representa una forma efectiva de modelar la lógica del patrón de movimientos y actividades de las personas. Esta característica genera una gran potencialidad del enfoque para ser utilizado en distintos tipos de estudios. Pero al parecer, en un principio se aplicó su concepto, más que sus métodos. Y no fue hasta el desarrollo de los sistemas de información geográficos (SIG), que estos conceptos se operacionalizaron. Al respecto, han sido muchos los esfuerzos para incorporar los conceptos de la geografía del tiempo en los sistemas de información geográficos (Shaw, 2009; Kraak, 2009). Esto demuestra que su implementación en SIG genera una poderosa plataforma analítica para visualizar, y explorar el comportamiento individual en su contexto espacial y temporal.

En los últimos años, muchos estudios han utilizado las herramientas SIG de análisis espacio-tiempo de los individuos, para analizar la accesibilidad en general (Weber, 2003), para evaluar la influencia de la variación del tiempo de viaje en los horarios de apertura de locales comerciales (Weber, 2002), para evaluar microprocesos urbanos (Huisman, 2006), para explorar las actividades e interacciones humanas (Yu, 2006; Buliung, 2006), y las prioridades de planificación de actividades conjuntas del hogar (Kang, 2009).

Una de las líneas más fuertes de investigación basadas en la geografía del tiempo se ha centrado en detectar patrones característicos de comportamientos espacio-temporales de las actividades desarrolladas por los individuos. Las preguntas claves que se buscan responder en estos trabajos son ¿Quiénes comparten patrones similares de actividades espacio-temporales? ¿Cuáles son las diferencias entre estos grupos de individuos (por ejemplo, empleados de oficinas frente a las mujeres que se encargan de los quehaceres del hogar)?

Con el fin de agrupar a los individuos en patrones espacio-temporales similares, se han sugerido una serie de medidas de "distancia" entre patrones espacio-temporales de actividades. Algunos ejemplos de estas son la distancia de Hausdorff (Brakatsoulas, 2005), la distancia de Fréchet (Alt, 2003), el algoritmo de secuencia común más larga (Chen, 2005), y el algoritmo de deformación dinámica del tiempo (Sakurai, 2005). Cada una de estas medidas evalúa básicamente la similitud de dos curvas tiempo-actividad.

Algunas de estas medidas han sido reportadas en estudios recientes, y se han centrado en, por ejemplo, las características de los distintos caminos espacio-tiempo seleccionados (González, 2008), las velocidades de movimiento y las direcciones (Laube, 2005), así como secuencias de lugares (Shoval, 2007).

Otra línea de desarrollo de la geografía del tiempo, y específicamente el prisma espacio-temporal, es la medición de accesibilidad. Las medidas de accesibilidad que incorporan el espacio-tiempo se pueden clasificar en tres categorías. En primer lugar, las que se han concentrado en la conceptualización de la accesibilidad espacio-tiempo en las redes de transporte (Ettema, 2007).

La segunda categoría investiga la accesibilidad desde una perspectiva individual. Varios estudios se han realizado para incorporar conceptos de espacio-tiempo en la accesibilidad de una manera teórica (Miller, 2000) a fin de proporcionar indicadores de análisis para reflejar las características individuales y del hogar. Por ejemplo, Kwan (Kwan, 1998) desarrolló 12 medidas de accesibilidad espacio-temporales para captar las diferencias interpersonales (de género) en el acceso. Otros enfoques individuales fueron desarrollados para capturar los efectos en la actividad de las situaciones contextuales en el análisis de la accesibilidad (Yukio, 2005).

La tercera categoría se ocupa de generar superficies de accesibilidad espacio-tiempo desde la perspectiva regional. Por ejemplo, se han utilizado superficies de accesibilidad espacio-tiempo para aislar los efectos de variaciones individuales de su contexto geográfico, usando indicadores específicos, como por ejemplo, la longitud de calles, el número, el área cubierta, la atraktividad, y el área ponderada variable con restricciones de tiempo de los servicios reconocidos como oportunidades (Kwan, 1998).

Al respecto, en el trabajo de Zhixiang (2010) se propone un indicador que representa el tiempo acumulado para actividades disponibles en un contexto regional. La mayor ventaja de este indicador es su dependencia de la localización de la actividad, la red de transporte, la distribución de actividades en toda la

región, y características individuales como el tiempo mínimo de las actividades y el gasto de tiempo. Este indicador presenta muchas potencialidades para los organismos de planificación urbana, en el sentido de poder evaluar ambientalmente la distribución de actividades, o para los empresarios el evaluar potenciales ubicaciones de actividades económicas.

Otra línea de aplicación, relativamente innovadora de la geografía del tiempo, tiene que ver con el análisis de la segregación socio-espacial. Al respecto, la geografía del tiempo pretende ofrecer un enfoque más integral en la evaluación de la segregación, más allá del espacio residencial. Un ejemplo de esto es el trabajo de Wong y Shaw (2010), la medida de segregación que se propone refleja la exposición de los individuos de un grupo de referencia en un barrio, a las poblaciones de otros grupos, pero que se encuentran dentro de los espacios de actividad del grupo de referencia. El estudio demuestra que el enfoque de medición de la segregación en el espacio tiempo proporciona una evaluación más completa de la segregación al considerar diversos espacios socio-geográficos, y no sólo la residencia.

Los métodos y estudios son principalmente teóricos, y en los de corte empírico, sólo consideran muestras enfocadas a recoger el comportamiento de ciertos colectivos.

***En síntesis***, se puede plantear que en relación a los objetivos de la tesis doctoral, el enfoque de comportamiento espacio temporal de los individuos esta en directa relación con la funcionalidad territorial definida como base conceptual. A pesar de lo anterior, el desarrollo de la geografía del tiempo ha sido preferentemente manteniendo el enfoque individual, y llevándolo en algunos estudios a contextos tecnológicos actuales<sup>3</sup>.

La mayor fortaleza que muestra la geografía del tiempo en el marco de la tesis doctoral es el hecho de permitir la integración de una serie de especialidades o ámbitos de investigación, preocupadas por el análisis del comportamiento de los individuos, entregando así una plataforma común de entendimiento del fenómeno en su conjunto. Un corolario de la afirmación anterior, es que la crítica a la geografía del tiempo (de la no explicación del fenómeno) es excesiva, pues no es sólo la geografía la que debe dilucidar estos comportamientos, sino más bien sentar las bases para que las distintas especialidades (sociología, economía, urbanismo, etc.) logren sus respuestas parciales, a ser integradas posteriormente por el enfoque geográfico.

Para los efectos de la presente tesis, es necesario ir más allá del enfoque individual, y construir un enfoque centrado en los territorios, y en las sinergias que se producen debido a la agregación de los comportamientos individuales. Pues, efectivamente se ha caído en el riesgo que planteara el mismo Hägerstrand, en el sentido de profundizar tanto en la individualidad que luego no permita comprender el comportamiento agregado de la masa social.

El riesgo reconocido por Hägerstrand, respecto de la posibilidad de perderse en el estudio de la conducta agregada de los individuos, es más bien una fortaleza en el factor colectivo de las decisiones individuales. Para ejemplificar esto, sería interesante analizar si las decisiones de los lugares y tiempos dedicados a determinadas actividades, se rigen (o no) por la diversidad social, y de actividades que se desarrollan en los distintos territorios. Así, el comportamiento individual se explicaría en parte por el comportamiento agregado del resto de personas.

---

<sup>3</sup> Los avances en el enfoque individual, y la claridad del esquema conceptual, ha generado que muchos estudios analicen de forma conjunta los conceptos de accesibilidad antes mencionados, con la accesibilidad a espacios virtuales de interacción social, de una forma bastante simplista.

#### 2.1.4.- Línea de investigación en transporte y movilidad

El estado del arte en lo que se refiere a estudios de transporte ha tenido mucho que ver con el devenir del paradigma del entendimiento del transporte y su rol en el territorio.

Como se planteaba anteriormente, el transporte emerge como una variable o dimensión importante en la ciudad industrial (Miralles, 2003), cuando el proceso productivo se desarticula en el espacio, siendo el transporte el factor que une las distintas partes. Es decir, el transporte pasa a ser un factor productivo más. A lo anterior se suma el rol que juega, ya no sólo el transporte, sino que también la infraestructura de transporte, durante y en el período de post-guerra (1919 y 1939). Todos estos acontecimientos generan el argumento de la necesidad de racionalizar (eficiencia) y/o optimizar tanto en la operación de los sistemas de transporte como en la inversión (en infraestructura y/o en medios).

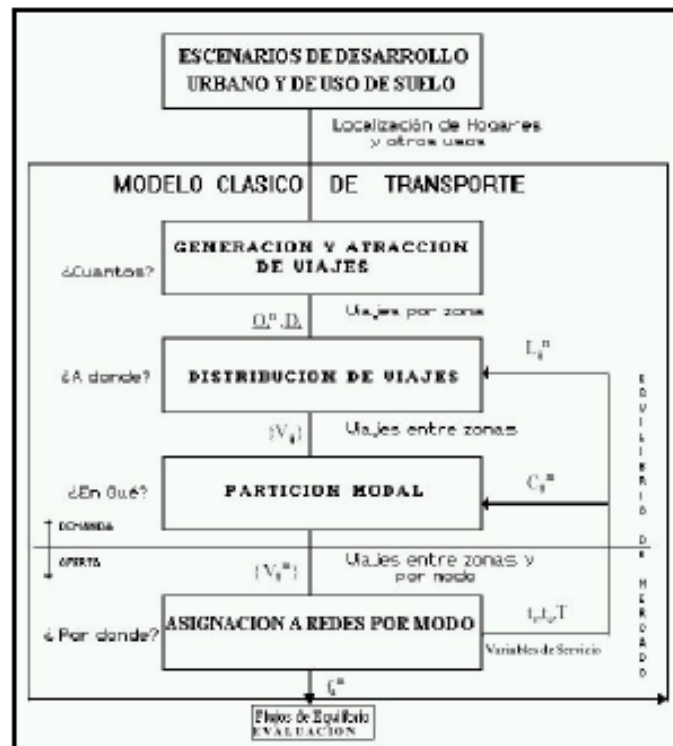
La eficiencia en términos de transporte se enfoca desde la problemática de la capacidad de paso de una red, la que está directamente relacionada con los medios de transporte que la utilizan, y con los viajes que desarrollan dichos medios. Esto hace posible plantear que el primer paradigma de entendimiento de la temática de transporte fue el de un problema de capacidad de transporte (oferta), y por ende la unidad relevante de análisis era el viaje (principalmente el medio utilizado).

Lo anterior se ve reforzado por el hecho que desde mediados y hasta fines del siglo XX se pensaba que era necesario organizar la necesidad de desplazamientos en la ciudad. Es por esto que la organización de los medios mecánicos, y el modo a pie, fueron los elementos principales a los cuales se avocaban las políticas de transporte (que en 1850-1870 se reconocen no como políticas explícitas, sino que como etapas de intervenciones urbanísticas)(ob.cit.).

Los *urban planners* de la década del 50 y 60 fortalecen su ejercicio profesional con el desarrollo de una metodología, de base matemática, para evaluar y simular distintas iniciativas en servicios de transporte y/o infraestructura, lo que permitiría priorizar intervenciones y conformar planes de inversión.

La base conceptual de la metodología es relativamente simple, pues se basa en resolver un problema de asignación de oferta de capacidad de transporte, para un escenario de demanda de transporte dado (patrón de viajes o movilidad).

Es así que surge en los años 60 el modelo denominado "clásico o tradicional" de cuatro etapas. La lógica de funcionamiento de este modelo se presenta en la figura II.3.

**Figura II.3.-** Secuencia del modelo clásico de transporte de cuatro etapas


Fuente: Ortúzar, 1998.

De la figura se aprecia que el desarrollo del procedimiento considera una primera etapa de predicción (a nivel de zona de modelamiento) de la cantidad de viajes que se generaran, y la cantidad de viajes que se atraerán. Estas predicciones se realizan en base a la calibración de modelos econométricos, que consideran como variables independientes las actividades en el territorio (hogares por nivel socioeconómico, actividades no residenciales o también llamadas firmas). Esta etapa se conoce como la modelación de atracción-generación.

La segunda etapa denominada como modelación de distribución de viajes, corresponde a, conocida la cantidad generada y atraída por zona, predecir la distribución de los viajes, es decir, determinar la cantidad de viajes que llegan desde una zona a otra, y esto para todos los pares "origen-destino" (combinaciones de zonas en pares). Esto conforma lo que comúnmente se conoce como la "matriz de viajes" o "matriz origen-destino", en donde cada celda representa la cantidad de viajes que se realiza entre una zona específica y otra. Los métodos tradicionales de modelación son variados, y tienen que ver con la aplicación de factores de crecimiento a matrices conocidas, métodos de proporcionalidades (bi y tri-proporcionales), y finalmente método gravitatorios y/o entrópicos (masas y fricción del espacio).

La tercera etapa denominada como modelación de la partición modal de los viajes, corresponde a la desagregación de la matriz de viajes, en función del modo de transporte que se utiliza. Para esto se aplican modelos de elección discreta, basado en la teoría de utilidad aleatoria de los usuarios. Este problema se conceptualiza y resuelve como un modelo econométrico de elección discreta (logit o probit), cuya variable a explicar es una probabilidad de elección de un modo u otro. El resultado de esta etapa son distintas matrices de distribución de viajes, diferenciadas por modo de transporte.

Finalmente la cuarta etapa, conocida como modelación de asignación de viajes, es en donde se asigna cada una de las matrices de viajes a la red disponible, es decir, se carga la red de transporte con flujos. Los métodos utilizados para esto varían según distintos criterios, por ejemplo considerar o no la capacidad de flujo de las redes, considerar la elección de ruta en forma probabilística, solo considerar mínima distancia o costo, considerar el efecto flujo-demora, etc<sup>4</sup>. El resultado de esta etapa es el flujo por modo de transporte, por arco de la red. Cabe destacar en este punto que el flujo al que se hace referencia, es principalmente de vehículos, dado que es esto lo que presenta una restricción de capacidad. En modelos específicos de transporte público, el flujo se refiere a pasajeros y a vehículos a la vez.

Estas cuatro etapas se pueden desarrollar de dos formas; a) secuencial (que significa el paso consecutivo desde la etapa 1 a la etapa 4), o b) de forma secuencial con iteración en busca de un equilibrio (que significa que luego de llegar a la etapa 4 se alimenta con información la etapa 2 y 3, modificando sus resultados respecto de distribución y partición modal, para nuevamente pasar a la etapa 4 de asignación, y así iterativamente hasta que se logra un equilibrio entre la capacidad ofertada y la demanda asignada) (Ortúzar, 1998).

Como ya se había mencionado antes, el objetivo de esta metodología es evaluar el efecto de los cambios en la estructura de oferta de transporte (redes y capacidades), es decir, evaluar proyectos o planes de proyectos (conjunto de proyectos) de inversión en infraestructura y servicios de transporte.

La evaluación de un proyecto o un plan se realiza en base a una comparación del sistema de transporte en su globalidad (tiempos de viaje, niveles de congestión de vías, consumos de combustible, etc.) en su evolución (situación base), con respecto a la simulación del sistema con los proyectos que se quieren evaluar (situación con proyectos). Los indicadores tradicionales de evaluación son la disminución en tiempos de viajes, en gastos de combustibles, y en kilómetros recorridos. Estos indicadores se llevan a unidades monetarias (a través de distintos valores previamente determinados), y se realiza una evaluación económica tradicional de proyectos (Valor Actual Neto social, Tasa Interna de Retorno, etc.).

En la última década se han incorporado otros indicadores al proceso de evaluación. Unos surgen de la misma estructura de modelación de transporte como puede ser la disminución de emisiones de contaminantes atmosférica, disminución de accidentes, etc. Y otros surge de evaluaciones posteriores como la evaluación ambiental del proyecto (que dicho sea de paso, se alimenta con mucha de la información del modelamiento de transporte).

La aplicación del modelo clásico o tradicional demostró ser muy eficiente en lo que respecta a la planificación de infraestructuras y servicios de transporte en la ciudad, por lo que rápidamente se extendió Europa. En la actualidad, muchos de los planes de inversión en transporte de grandes ciudades se basan en la aplicación de este modelo en una versión relativamente más desagregada.

En el ámbito académico de investigación, surgieron muchas críticas al modelo clásico, que aún se mantienen, y que tienen relación a:

---

<sup>4</sup> En el anexo II.1 se describen con mayor detalle estos tipos de modelos.

- Que las variables explicativas se limitan en gran medida a las características del hogar, los atributos de los destinos, y los atributos del sistema de transporte.
- Que los fundamentos teóricos de los modelos convencionales son relativamente débiles, ya que los tradicionales modelos gravitatorios y los modelos de maximización de la entropía son básicamente un intento de describir los flujos de tráfico observado en términos de principios o conceptos estadísticos adoptados de la física, que carecen de todo fundamento en relación al comportamiento real.
- Que el procedimiento responde bien cuando la realidad territorial esta ya determinada en términos de la localización espacial de actividades, pero no queda claro como fue evolucionando la situación del territorio, o que ocurriría frente a un nuevo desarrollo.

En parte por las críticas presentadas, como por los nuevos desarrollos metodológicos<sup>5</sup>, se generaron dos líneas importantes de desarrollo científico en la temática del transporte. Estas líneas son a) los modelos de asignación de viajes, es decir, los modelos que confrontan la oferta a la demanda, y b) los modelos de demanda de viajes, en donde se cuantifica la demanda territorializada de transporte por modo.

Para efecto de la presente tesis, el interés está en la forma en que las distintas líneas de investigación han avanzado, y sobre todo como se va tratando el comportamiento de las personas y actividades en el territorio, base fundamental de la ya definida funcionalidad urbana. Es por esto que a continuación se presentaran de manera diferenciada la evolución de las dos líneas antes mencionadas.

Las técnicas de asignación actualmente se han implementado en distintas plataformas de modelación, siendo las más atractivas las plataformas de microsimulación, en donde se visualiza el comportamiento de los vehículos (y en algunos casos las personas) en las vías. (por ejemplo las plataformas Transmodeller, VISUM, etc.)

***En síntesis***, desde el punto de vista de la funcionalidad urbana, los resultados de los modelos de asignación son los que finalmente determinan los costos de interacción entre los distintos territorios de la ciudad.

*Hasta ahora lo más común era considerar costos que correspondían a los valores promedios diarios entre zonas. Con la evolución presentada de los modelos de asignación hacia los métodos de asignación dinámicos ya se pueden diferenciar los costos a lo largo del día, y por medio de transporte, enfoque claramente útil a la medición de la funcionalidad urbana.*

*En el mismo sentido de lo anterior, el surgimiento de los modelos de simulación de tráfico muestran la factibilidad de obtener valores de costos de interacción para viajes individuales entre puntos específicos de la ciudad, disminuyendo así el sesgo*

---

<sup>5</sup> El desarrollo metodológico al cual se hace referencia fue el surgimiento de los modelos de elección discreta (en la década de 1970 y 1980), que buscan representar el comportamiento individual de elección (entre modos, rutas, destinos, etc.) aceptando el principio de la existencia de una utilidad neta (aleatoria) del individuo frente a cada alternativa de elección, utilidad que se debe maximizar para obtener así la decisión más probable (Ortúzar, 2000).

*de considerar los valores medios de las zonas, sobre todo cuando las zonas de modelación son extensas y la escala que se requiere es microterritorial.*

#### *2.1.4.1.- Evolución de los modelos de demanda de viajes*

En relación a los modelos de demanda de transporte, y su evolución metodológica y conceptual, se pueden identificar dos líneas de desarrollo importantes, que a primera vista son distintas en la temática que tratan, y cuyo desarrollo fue en períodos distintos. La primera línea fue paralela a la estructuración del modelo clásico de cuatro etapas, y se enfocó principalmente al contexto territorial que generaba la demanda de transporte, surgiendo así los denominados modelos de uso de suelo y transporte.

La segunda línea corresponde a la modelación de la demanda de viaje, cuyo desarrollo fue posterior al surgimiento de los modelos de elección discreta antes mencionados. Como también se argumentó antes, los modelos de elección discreta sentaron las bases para resolver la crítica a la visión agregada de viajes del modelo clásico, e incorporar la bondad del análisis individual. Esta segunda línea de investigación ha sido la que ha tenido mayor desarrollo en la actualidad, generándose, a causa de su evolución, un cambio de paradigma en el contexto del análisis e investigación de transporte.

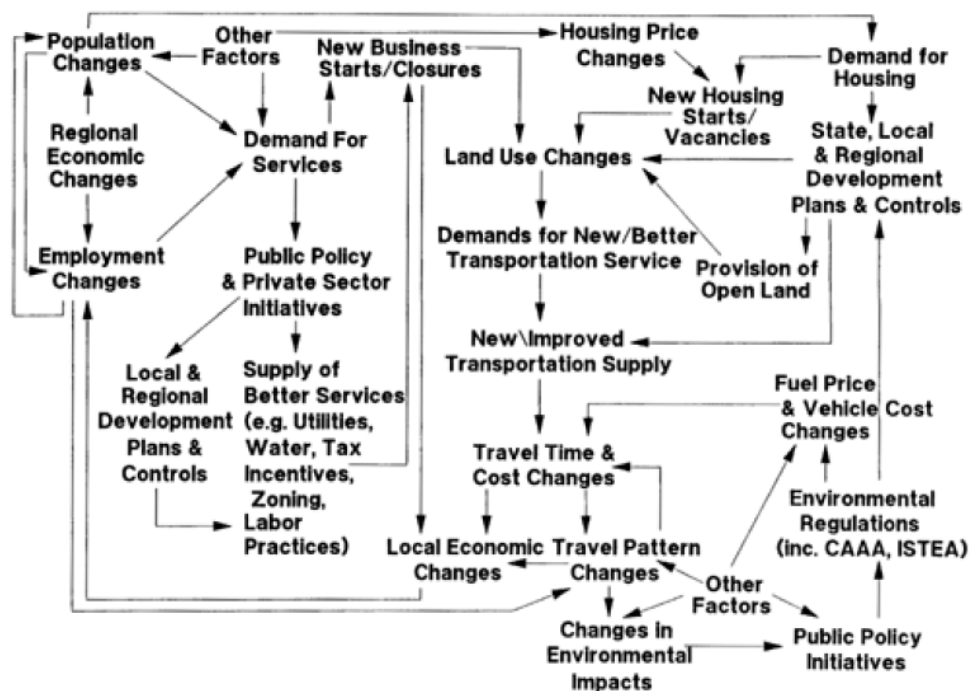
A continuación se presentan de modo sintético ambas líneas de investigación, realizando en el análisis los aspectos que tienen relación con la funcionalidad diaria de las ciudades.

### **Modelos de usos de suelo y transporte**

Como se mencionó antes, paralelamente al desarrollo del modelo clásico de transporte, los planificadores urbanos reconocían las intrincadas interacciones entre la red de transporte y el resto del sistema urbano. Muchos fueron los que conceptualizaron este complejo sistema urbano, cuya forma de entenderlo fue posicionando en su núcleo al subsistema de transporte, siendo influido por la configuración del territorio, las necesidades de viaje de personas y empresas, y las regulaciones y controles impuestos por los planes del gobierno. Por otra parte, el cambios en la oferta de transporte, a su vez, influye en las decisiones de localización de la residencia y del empleo, así como en las decisiones de localización de las empresas (denominadas tradicionalmente en estos modelos como firmas), que a su vez influyen en la configuración del uso del suelo. Además, existen procesos demográficos independientes del sistema de transporte que influyen en la configuración del uso de la tierra, influyendo directamente en la demanda de transporte. La última pieza de este rompecabezas es el medio ambiente, en forma de emisiones y el consumo de energía causados por el transporte y otras actividades llevadas a cabo por personas y empresas. A continuación se muestra en la figura II.4 un ejemplo de esquema conceptual como el que se describió.



**Figura II.4.- Sistema territorial urbano**



Fuente: Sivakumar (2007), cuya fuente es Southworth, (1995).

En reconocimiento a la compleja dinámica de los sistemas urbanos y territoriales, los planificadores urbanos en la década de 1950 y los años 60 iniciaron el desarrollo de modelos integrados de transporte y uso del suelo (*Land Use and Transportation Models*, en adelante LUT). El primer modelo de este tipo fue el conocido modelo de Lowry de 1964, el que de forma iterativa localiza actividades económicas (empleos) y población, utilizando modelos gravitacionales al momento de distribuir población en función de los empleos, y empleos de servicios en función de empleos básicos (empleos de actividades económicas estructurantes, y de la naturaleza productiva exógena).

Desde entonces ha habido varios desarrollos en todo el mundo, resultando distintas generaciones de estos modelos, ya sea por sus concepciones o por los métodos.

Cabe destacar que mientras que los componentes de uso del suelo de estos modelos han evolucionado rápidamente desde simples representaciones agregadas a complejos modelos económicos y econométricos de los procesos de mercado, el modelo clásico de transporte siguió y sigue siendo el núcleo central en lo que respecta a la modelación de transporte.

En la evolución antes mencionada, la primera generación de modelos LUT se diseñó bajo el supuesto que las actividades se localizan de manera de minimizar el costo del transporte en comparación a otras actividades situadas en otra parte. Este enfoque se puede clasificar como "acceso máximo", donde el sistema de transporte tiene un papel predominante.

La segunda generación de modelos LUT introduce más elementos de mercado en la decisión de localización, como por ejemplo los precios del suelo (arrendos) y precios de bienes. Este enfoque se clasifica como "modelo de mercado lineal". Los precios del suelo se consideran de diferentes formas, en base a supuestos de competencia del mercado. Así, cuando se supone competencia perfecta, el precio

de suelo se concibe como una función hedónica, dependiente de los atributos promedios de las zonas de atracción. Cuando se supone competencia imperfecta (opciones de localización cuasi únicas), los precios surgen como resultado de un proceso simulado de equilibrio (Alonso, 1974).

La tercera generación de modelos LUT introduce gran complejidad, al incluir una representación explícita de la relación directa entre las decisiones de las actividades, es decir, aquella interacción que afecta el comportamiento, además de los efectos propios de los precios. Dicha interacción plantea que las opciones de localización se valoran por los denominados atributos de zona. En la literatura económica esta interacción es de tipo múltiple, implicando a todas las actividades, y conocida como externalidad de localización. La complicación de esto es que el entorno construido se genera por la solución del problema de localización, lo que obliga a resolver un problema de equilibrio de localización, no lineal, con un gran número de variables endógenas, y cuya solución requiere de técnicas matemáticas avanzadas.

Actualmente existe un considerable número de modelos LUT, con diferentes niveles de desarrollo y aplicaciones. En el trabajo de Hunt (2005) se identifican y caracterizan los seis modelos más representativos de la actualidad<sup>6</sup>. Estos modelos son ITLUP (también conocido como DRAM/EMPAL), MEPLAN, TRANUS, NYMTC-LUM, UrbanSim, y MUSSA.

*En síntesis, de lo presentado, se puede apreciar que los modelos LUT han evolucionado, al igual que los modelos de asignación, desde un enfoque agregado hacia el comportamiento de actividades individuales. Lo anterior se ha apoyado fuertemente en la base microeconómica de aproximación, y en el enfoque de mercado de muchos de estos modelos. Nuevamente la característica metodológica de los modelos de elección discreta ha sido la base para esta complejización de los modelos. Pero dicho potencial no se condice con el modelo de transporte utilizado (modelo clásico de cuatro etapas), que es el encargado de alimentar las variables de accesibilidad y costos considerados en estos.*

*Dado que la generalidad de los modelos LUT están enfocados al mercado de la vivienda, y dado que la base conceptual es la maximización de la utilidad, siendo el precio un resultado del proceso de equilibrio locacional, se puede decir que el concepto de funcionalidad diaria no está considerado. Respecto de las actividades no residenciales, son menos los modelos que se ocupan de ellas, siendo en general bastante bajos los ajustes a los que se llegan (en el sentido de replicar la situación observada) (SECTRA, 2002). Por lo que se puede decir que tampoco la consideran.*

*A pesar que las escalas espaciales son microterritoriales, las escalas temporales son de mediano a largo plazo (en general asociadas a períodos de planeamiento).*

*En términos prácticos, los modelos existentes en plataformas comerciales o estudios específicos no han tenido un uso intensivo en lo referente a la gestión y planificación urbana. Esto se debe, entre otras causas a la gran cantidad de información que requieren, a la capacidad técnica de los operadores de los modelos, y a los diferentes estándares en el manejo de las variables entre dichos modelos y por ejemplo los planes urbanísticos. Lo anterior no quiere decir que no se hayan hecho esfuerzos por resolver estos problemas, pero en la actualidad se podría decir que el uso de estos modelos es bajo.*

---

<sup>6</sup> En el anexo II.2 se presentan de forma más detallada los modelos mencionados.

## Modelos de demanda de viajes basados en actividades

Como se dijo anteriormente, los modelos de demanda de viajes constituyen la segunda y más fuerte línea de desarrollo científico. En este caso, la concepción de elección discreta también ha catalizado nuevos desarrollos.

Los cambios recientes en el desarrollo de la teoría política, y los enfoques de modelación en general, han conducido al desarrollo de nuevas clases de modelos de demanda de transporte que tienen en común la incorporación de mayor complejidad. En la lógica de los modelos LUT, se ha entendido que los flujos observados de tráfico son una manifestación de los patrones de actividad de las personas y que estos están influenciados no sólo por la política de transporte, sino también por las políticas territoriales, los factores socio-económicos, y la evolución del contexto institucional. En consecuencia, las variables explicativas de los modelos de transporte, que tradicionalmente se limitaba en gran medida a los atributos del sistema de transporte, ya no eran suficientes. A modo de ejemplo, el modelo clásico no incorpora ningún mecanismo que permita evaluar el efecto de las asignaciones de tiempo a tareas al interior del hogar, en la demanda de transporte. Del mismo modo, no contienen ningún componente para evaluar los efectos de nuevas condiciones institucionales (como el cambio de horario de apertura de tiendas, o las distintas políticas de acuerdos de horario flexible en la demanda de transporte).

En el modelo clásico de transporte, la demanda de viajes es estimada por modelos matemáticos esencialmente agregados, donde el número de viajes generados a partir de una zona se considera proporcional a la población en la zona, mientras que el número de viajes atraídos a la zona se considera como proporcional a la cantidad de fuentes de atracción de la zona. Por otra parte, se considera que los viajes entre dos zonas son inversamente proporcionales a la distancia entre ellas (efecto conocido como impedancia o fricción del espacio en los modelos gravitatorios).

El primer paso de evolución de los modelos de demanda de viajes fue hacia modelos desagregados. Estos modelos utilizan datos desagregados a nivel de los viajes realizados por los individuos entre las zonas en el área de estudio, y aplican metodologías de optimización con restricciones y maximización de la utilidad (bajo el enfoque de utilidad aleatoria). La diferencia fundamental entre el modelamiento agregado y el desagregado es el punto de vista del individuo (o del hogar o la empresa) como la unidad de toma de decisiones. En otras palabras, los modelos desagregados tienen en cuenta las características socio-demográficas de los individuos (o características de la empresa) en las decisiones de viaje. Sin embargo, en la práctica, debido a las limitaciones de los datos y de modelos, si bien se calibran modelos de viajes a nivel individual, la aplicación es a nivel agregada a las zonas de modelación (características socio-demográficas agregadas o promedio de las zonas) (Sivakumar, 2007).

A pesar de la transición del enfoque agregado al desagregado, los modelos presentaban aún una serie de limitaciones asociadas al hecho que no tenían en cuenta los vínculos entre los viajes (secuencias de los viajes). Por esta razón se desarrollaron modelos de viaje basados en el concepto de "tour"<sup>7</sup>. Este enfoque divide todos los desplazamientos individuales en tours basados en el hogar y no basados en el hogar. Por ejemplo, un tour de trabajo basado en el hogar considera el viaje del hogar al trabajo, y de regreso a casa. Los tours basados en el hogar más usuales son con propósito trabajo, estudios, compras, servicios personales,

---

<sup>7</sup> Un tour es el viaje total (ida y regreso) entre dos puntos principales (o anclas) de origen y destino

etc. Todos los restantes tours (no basados en el hogar) se clasifican en dos, tours no basados en el lugar de trabajo y otros.

La mayoría de los actuales modelos operativos de demanda de viajes utilizan un enfoque de cuatro etapas basados en tour. En el procedimiento del modelo clásico de cuatro etapas, primero se predice la frecuencia de cada uno de estos tours (lo que corresponde al modelo de generación de viajes). Luego le sigue la aplicación de un modelo de elección del modo-destino o modo-destino-tiempo en sistemas más avanzados (lo que corresponde al modelo de distribución y partición modal de viajes). Y, por último, se aplica el modelo de asignación a la red.

A pesar de la popularidad de los modelos de viajes basados en tour, aún presentan en la práctica muchas limitaciones, las que se asocian principalmente al enfoque basado en viajes. En primer lugar, persiste el problema de no analizar la secuencia de viajes en el tour, por ejemplo, si un viaje va de del trabajo a casa, y para en el supermercado, el viaje supermercado-casa sería clasificado como un viaje basado en el hogar, y no como un tour no basado en el hogar otro. En segundo lugar, el enfoque de tour no registra viajes de acompañamiento a personas, por ejemplo ir a dejar a los niños al colegio. En tercer lugar, el enfoque de tour no considera el *trade-off* entre potenciales actividades (por ejemplo, una persona que dispone de poco tiempo puede decidir entre ir de compras o comer, en el entorno de su trabajo). En cuarto lugar, el enfoque de tour no considera la interacción entre individuos del mismo hogar (acoplamiento). En quinto lugar, el enfoque de tour no considera el efecto en los viajes de las actividades al interior del hogar. Por lo anterior, es evidente que la principal deficiencia de este enfoque es que no representa de forma real el comportamiento de los individuos.

La solución a las limitaciones antes expuesta requirió de un cambio de paradigma en el entendimiento de la modelación de la demanda de viajes, que significó pasar del paradigma de modelos basados en viajes a modelos basados en actividades (Bhat, 1999). El argumento del nuevo paradigma de modelación no es nuevo, ya que reconoce que la necesidad del viaje está determinada por la necesidad de la población de participar en distintas actividades, que requieren cierto tiempo de desarrollo, y que están espacialmente localizadas por lo que requieren de un desplazamiento (viaje). Lo nuevo que se plantea es la dirección de la causalidad, es decir, que son las condiciones del desarrollo de las actividades las que determinan las condiciones de los viajes, postura radicalmente opuesta al determinismo del transporte sobre los comportamientos sociales de los años 60 y 70s. Un ejemplo que permite clarificar lo expuesto es si una persona participa en e-compras a través de internet en el hogar, la actividad en el hogar puede satisfacer sus necesidades de compras y ella puede, en consecuencia, no hacer un viaje al centro comercial.

En términos muy generales, el análisis de las actividades que inducen viajes es el intento por comprender mejor los fundamentos del comportamiento de las decisiones individuales con respecto a la participación en actividades, en ciertos lugares, y en momentos determinados. Este estudio del comportamiento involucra todos los factores que influyen en el cómo, dónde y por qué se realizan las actividades.

Con el fin de cuantificar con exactitud las necesidades de viaje de la población, lo importante es modelar los patrones de actividades de la población<sup>8</sup>. Además, es importante reconocer que los individuos no son independientes, por lo que interactúan entre ellos, haciendo que los patrones de actividades, y por ende de

---

<sup>8</sup> el patrón de actividad de un individuo se define como una cadena completa de las actividades realizadas por la persona a lo largo de una jornada, caracterizada por las ubicaciones de las actividades, las horas del día, y los modos de transporte utilizados en los desplazamientos.

viajes, se vean influenciados por los de otros individuos dentro de la población, y en particular dentro del hogar.

El primer planteamiento explícito del análisis del patrón de actividades (en adelante cadena de actividades) de los individuos en el contexto de tiempo y el espacio fue propuesto por Hägerstrand en 1970, en su "geografía del tiempo", como ya fue expuesto anteriormente.

Cullen y Godson (1975) incorporaron rigidez/flexibilidad a las restricciones planteadas por Hägerstrand. Su hipótesis (soportada por observaciones empíricas) fue que las limitaciones temporales son más rígidas que las limitaciones espaciales, y que la fuerza de la restricción temporal se debilita por la tarde, cuando se pasa de cadenas de actividades de subsistencias de mayor rigidez locacional (por la mañana) a cadenas más discrecionales por la tarde. Cullen y Phelps (1975) y Heideman (1981) incluyeron la consideración de la percepción del espacio tiempo y la capacidad mental de absorber información del espacio de acción, condicionando así la cadena de actividades.

Al comparar el desarrollo teórico de los estudios de uso del tiempo y de cadenas de actividades (Bhat, 1999), se aprecia una gran diferencia en la cantidad de literatura, siendo el análisis de las cadenas de actividades el ámbito menos desarrollado. Además, las teorías de la distribución (uso) del tiempo son más formales que los conceptos de análisis de las cadenas de actividades.

Los estudios empíricos de cadenas de actividades se pueden organizar en dos categorías, los primeros se centran en una actividad individual, y los segundos en examinar cadenas múltiples (una o varias cadenas en un dominio de tiempo continuo).

Los estudios de actividades individuales analizan el comportamiento del tiempo utilizado para una actividad, y su relación con variables contextuales ya sea de orden socio-demográfico, pero principalmente referidas a las restantes actividades desarrolladas en la cadena (tiempos y actividades anteriores y posteriores). Algunos de los estudios clásicos de este tipo son:

- Mannering y Klim (Bath, 1999) que analizan la duración del patrón de actividades, y especialmente de la estadía en el hogar, entre actividades sucesivas fuera del hogar, utilizando un modelo de riesgos proporcionales de Cox para analizar la duración. Sus resultados sugieren que las personas mayores, personas en hogares con menos miembros, los desempleados y las personas menores ingresos tienden a permanecer más tiempo en el hogar. Las variables de contexto que explican (con mayor significancia) la duración de la estadía en el hogar son el tiempo de viaje y el tipo de actividad que precede a la estadía en casa.
- Neimeier y Morita (Bath, 1999) que analizan la duración de las actividades fuera del hogar relacionados con compras, servicios personales, y tiempo libre, de trabajadores. En el trabajo se distingue cuatro tipos de cadenas en los que dichas actividades puede llevarse a cabo, que son trabajo-actividad-trabajo, hogar-actividad-hogar, hogar-actividad-trabajo, y trabajo-actividad-hogar. Sus resultados empíricos sugieren que los hombres y las mujeres gastan aproximadamente la misma cantidad de tiempo para asuntos personales y tiempo libre. Sin embargo, las mujeres parecen ser mucho más propensas a utilizar más tiempo en compras que los hombres, siendo este efecto particularmente notable en la cadena desde el trabajo al hogar.

- Bhat (1996) también se ocupa de la actividad de compras, durante el regreso del trabajo al hogar. El modelo calibrado proporciona información detallada sobre la dinámica de duración, siendo las covariables más significativas las características del horario de trabajo, la duración del trabajo individual de cada integrante de la pareja, el modo de viaje al trabajo, y las características socio-demográficas.

Esta línea de estudios<sup>9</sup> en el ámbito del transporte ha sido relativamente abandonada por su enfoque particular de una sola actividad.

De forma general, los estudios sobre cadenas múltiples (varias cadenas en un dominio de tiempo continuo) son estudios (modelos) en los cuales se construye la secuencia de actividades desarrollada por los individuos, de forma simultánea o no con variables complementarias como el programa de las actividades (horarios y duración), los modos y destinos de los viajes, etc.

Los modelos en base a actividades (en adelante MBA) describen las actividades que realizan los individuos, en términos de: 1) dónde, cuándo, por cuánto tiempo, y con quién, 2) los modos de transporte implicados, en su caso, y 3) cómo estas actividades se han programado, teniendo en cuenta la ubicación y características de los destinos posibles, el estado de la red de transporte, los aspectos del contexto institucional y las características personales y del hogar (Arentze, 2008).

La estructura básica de los modelos de secuencias de actividades generalmente toma la forma de un "proceso o sistema de producción", que está constituido por un conjunto de reglas (o pares de condición-acción) que intentan replicar el proceso de toma de decisiones de los individuos. Originalmente desarrollado en el campo de la psicología, los sistemas de producción son compatibles con el comportamiento de toma de decisiones en el que se percibe la información espacial y a-espacial, se valora dicha información, para luego actuar (tomar decisiones) en un marco limitado de alternativas.

Actualmente existen sólo algunos MBA operativos, tales como el Sistema de BB y el modelo de ALBATROSS. Por otro lado existen varios prototipos enfocados al realismo conductual en su representación de las decisiones relacionados con los viajes, pero aún no están implementados de forma operativa (PCATS; AMOS; SIMAP; CEMDAP). Algers (2005) hace un interesante análisis sobre la potencialidad de estos modelos, en el contexto actual que requiere la modelación de la demanda de transporte<sup>10</sup>.

***En síntesis***, y desde el punto de vista de la tesis, la evolución de los modelos de demanda de un enfoque agregado a un enfoque individual es muy importante, dado que se reconoce primero la individualidad del comportamiento, y segundo, y tal vez lo más importante es que el cambio de paradigma del viaje a la actividad reconoce la importancia de los factores que generan los viajes, y ya no el viaje en sí. Este simple hecho conecta al mundo del transporte con el mundo urbano o de la ciudad, cosa que hasta ahora no había ocurrido de manera tan clara y convencida.

*De la evolución presentada de los distintos enfoques de modelación se puede decir lo siguiente:*

---

<sup>9</sup> A escala urbana, ya que como se presentó anteriormente, en los estudios de uso de tiempo si presenta un fuerte desarrollo, pero a escala micro-temporal y micro-territorial

<sup>10</sup> En el anexo II.3 se presenta de forma más detalladas algunos de estos modelos.

- *Como en todo contexto de modelación, existe un fuerte interés en modelar las secuencias de actividades-viajes, en donde la predicción se da sólo en la etapa de calibración de los modelos, tradicionalmente con muestras representativas del tipo de usuario. No se aprecia la inquietud de conocer y entender los patrones de actividades de los usuarios. Aún se aprecia una fuerte connotación hacia la actividad que en su desarrollo genera un viaje, postura que es lógica desde el momento que se trata de modelos de demanda de viajes, pero que condiciona el análisis, estudios o categorización de las actividades.*
- *El destino de los viajes se considera de forma muy simple, y asociada principalmente a los modos. Se utiliza el concepto de entorno factible de destinos para la actividad.*
- *El principio de maximización de la utilidad en el comportamiento de la cadena de actividades, si bien es un contexto de modelación, no ha sido demostrado en el comportamiento real de los usuarios. Y tampoco ha sido incorporado en modelos del tipo segundo o tercer óptimo. Se podría esperar que esta premisa siempre eligiese los destinos más cercanos.*
- *Los modelos presentan, por una parte la riqueza de predecir el comportamiento individual del viajero, pero no considera como las condicionantes agregadas de los mismos, inciden en las elecciones de actividades, es decir, no se incluyen la atractividad de los destinos en términos de masa de individuos atraídos, o de diversidad de los mismos en términos de actividades y/o de nivel socio-económico.*
- *La generalidad de los modelos ABM se enfocan preferentemente a los individuos, desde una perspectiva de simulación, que significa ajustar funciones teóricas de distribución estadísticas a las observaciones de una muestra de personas, con el fin de replicar de mejor forma lo revelado por las personas de la muestra. Es decir, la aproximación es fuertemente teórica, y no temática o fenomenológica (entender el fenómeno que rige lo revelado por las personas).*

*Finalmente, en relación a la línea de investigación en transporte se aprecia una convergencia en todas las etapas de entendimiento y modelación, hacia el comportamiento individual y dinámico de los individuos o vehículos. El cambio hacia el paradigma de actividades está en la línea de la funcionalidad urbana tratada en esta tesis, a pesar de que el enfoque de análisis individual debe dar un paso hacia el enfoque agregado de entendimiento del territorio.*

### 2.1.5.- La línea de investigación en accesibilidad

La funcionalidad urbana antes definida, presenta como factor constitutivo el acceder a la localización donde se posiciona la actividad, para posteriormente desarrollar la actividad en sí. El concepto de acceder (y todas sus derivaciones), ha generado uno de los principales elementos de entendimiento y análisis de la ciudad, que corresponde a la denominada "accesibilidad".

La accesibilidad como concepto y variable ha sido un factor constitutivo del urbanismo, del modelamiento territorial, y específicamente del modelamiento de transporte, de donde surge de forma paralela al concepto de movilidad (Bath, 2000). Es así que llama la atención el desarrollo propio que ha tenido este concepto, en el sentido de desacoplarse de los modelos de transporte, para pasar a ser una dimensión en sí. Al parecer es más comprensible hablar de accesibilidad que de movilidad o transporte (o en algunos casos se utilizan como sinónimos). Esta particularidad de ser una idea (concepto) de amplio consenso, y de fácil asimilación y entendimiento, en lo referente a su aplicación en los estudios urbanos, contrasta con la gran ambigüedad y divergencia que surge al momento de definirla y de cuantificarla.

Desde el punto de vista semántico la palabra **accesibilidad** se refiere a la cualidad de ser accesible. Por otra parte la palabra **accesible** tiene dos connotaciones, la primera es de existencia de un acceso, y la segunda se refiere a la calidad del acceso (de fácil acceso o trato). Por último, la palabra **acceso** se refiere a la acción de llegar o acercarse.

Es por lo anterior que el término "accesibilidad a" se refiere a "*la cualidad de tener acceso a*", es decir, "*tener la posibilidad de llegar o acercarse a*", en principio sin ninguna connotación de calidad de esta cualidad (buen o mal acceso).

A continuación se presenta el estado del arte del entendimiento y utilización del concepto de accesibilidad, tanto provenientes de desarrollos conceptuales como en desarrollos empíricos (métodos de cuantificación), con el fin de tomar una postura crítica, bajo el requerimiento conceptual de la tesis doctoral.

#### *2.1.5.1.- Los conceptos y definiciones*

En la línea conceptual, Miralles (2003) subentendiendo accesibilidad como la dimensión espacial de la movilidad. Otros autores la asocian a una variable relacionada con las características físicas de un espacio, las oportunidades de usos de ciertas actividades, o las características individuales de los ciudadanos, en lo que denominan accesibilidad física, social y económica (Curtis, 2010).

El concepto de accesibilidad requiere de una terminología coherente, dadas las múltiples definiciones existentes en la literatura. A continuación se presenta una selección de trabajos (tabla II.2), en los cuales se hace una postura explícita y argumentada del concepto de accesibilidad.



**Tabla II.2.- Definiciones de accesibilidad**

<b>Autor</b>	<b>Definición</b>
Gray, 1989	La accesibilidad es una medida de la relativa cercanía de un área o zona para la población residente, los empleos localizados, las oportunidades, y los servicios a la comunidad.
Simmonds, 1998	La accesibilidad es una forma de medir la facilidad con que una determinada categoría de personas puede llegar a un conjunto definido de los destinos, a partir de un origen determinado (accesibilidad de origen), o la facilidad con que puede ser alcanzado un destino determinado (accesibilidad de destino) por un conjunto específico de individuos.
Ross, 2000	La accesibilidad es la facilidad de llegar a algún destino, incluyendo los costos reales y percibidos en términos de tiempo, dinero, distancia recorrida, nivel de comodidad, disponibilidad y fiabilidad del medio de transporte, o cualquier combinación de éstos.
Bhat et al,(2000)	La accesibilidad es una medida de la facilidad de un individuo a ejercer una actividad de un tipo deseado, en una ubicación deseada, por un modo deseado, un conjunto de datos de tiempo deseado.
DfT, 2001	La accesibilidad tiene que ver con las dificultades para; subir y bajar de vehículos, transportar elementos, y la confusión en la utilización de los elementos.
Geurs et al, 2001	La accesibilidad es la medida en que el sistema de transporte y de uso del suelo permite a personas (o grupos de ellas), llegar a las actividades o destinos por medio de diferentes modos transporte.
Handy, 2002	La accesibilidad es la capacidad de obtener lo que se necesita, idealmente con una elección de destinos, y la elección de una variedad de modos de transporte.
Litman, 2003	<p>La accesibilidad se refiere a la capacidad de alcanzar bienes deseados, servicios, actividades y destinos (denominados las oportunidades).</p> <p>La accesibilidad depende de la movilidad, los sustitutos de la movilidad, y las oportunidades, de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La movilidad – provista por los modos de transporte (pie, bicicleta, transporte público, taxi, vehículos privados, y otros modos). Manteniendo todo constante, un aumento en la velocidad, o en la calidad del servicio, mejora la accesibilidad que entrega dicho modo.</li> <li>• Los sustitutos de movilidad son las telecomunicaciones y los servicios de entrega. Estos medios pueden proporcionar el acceso a algunos tipos de bienes y actividades, y en particular las que afectan a la información.</li> <li>• Los usos del suelo corresponde a la distribución geográfica de las actividades (oportunidades). La dispersión de los destinos, aumenta la movilidad necesaria para acceder a ellos (bienes, servicios y actividades), reduciendo así accesibilidad.</li> <li>• Otros factores, que corresponde a la información sobre la disponibilidad, accesibilidad, comodidad, confort, seguridad, y prestigio.</li> </ul>
SEU Report, 2003	La capacidad de las personas para llegar a los servicios esenciales, a un costo razonable, en un tiempo razonable, y con cierta facilidad.
Geurs and Van Wee, 2004	Acceso se utiliza cuando se habla de la perspectiva de una persona, y accesibilidad cuando se utiliza la perspectiva de una localización.
Bertolini, Le Clercq and Kapoen, 2005	la cantidad y diversidad de lugares que se pueden alcanzar dentro de un determinado tiempo de viaje y / o el costo

Fuente: traducción y modificación de la tabla presentada en Halden, 2005.

De lo expuesto en la tabla anterior, se aprecia que el concepto de accesibilidad contempla, en su definición, términos objetivos y ambiguos a la vez. A pesar de esto existe un convergencia a la consideración de componentes espaciales-temporales (condicionados por el sistema de transporte como el elemento tecnológico), y de oportunidades (actividades).

Es así que la accesibilidad se puede entender como la medida que cuantifica la utilidad de ir de un lugar a otro, dependiendo de las características del sistema de transporte y de la distribución de las actividades sobre el espacio, que, cuando se percibe como distancia que separa dos lugares, se asocia a un valor de dificultad. Esta dificultad se expresa en términos de fricción de la separación, lo que implica un costo de transacción, en valores temporales o monetarios. La relativa facilidad para superar la fricción del espacio es lo que ha dado lugar al término accesibilidad, como un concepto relativo entre el espacio y su propia superación, y que hace posible la interacción social, facilitado el enlace entre actividades localizadas sobre un determinado territorio. Por esta última razón, la accesibilidad, como se apuntaban al principio, puede contemplarse como un instrumento asociado con el acceso a los servicios y no solamente con la distancia recorrida. En cualquier caso, la accesibilidad está relacionada, entre otros elementos, con los medios de transporte que se utilizan y con la distancia relativa que estos van redefiniendo mediante la velocidad (Geurs, 2001).

Así pues, además de ser un atributo espacial, a partir de la cual pueden clasificarse diferentes áreas, la accesibilidad es también una característica individual en relación con el grado de opcionalidad que tienen los diferentes ciudadanos para acceder a los lugares y a las actividades. En un mismo espacio, en una misma estructura territorial, la accesibilidad no está uniformemente distribuida para todos los individuos que habitan en el área. Cada persona tiene su ámbito espacio temporal de accesibilidad definido por la organización territorial que caracteriza su ámbito espacial, pero también por los vínculos de relaciones, el nivel de renta, el género, etc. Por tanto no existe una accesibilidad absoluta para todos los ciudadanos de un determinado lugar (Handy, 2002). Es necesario pues analizar el acceso en esferas concretas e individualizadas, donde se mida la eficacia de la organización territorial respecto de los diversos proyectos de vida y a las posibilidades que tienen cada uno de los ciudadanos. En este sentido debe incluirse el análisis de un amplio espectro de factores: la reducción de las distancias, localizando los servicios en un ámbito espacio temporal más cotidiano, adecuando los sistemas de transporte, variando las características individuales (de renta por ejemplo) y los vínculos de relación (ob.cit.).

La accesibilidad como atributo de un espacio determinado, es un término estrechamente unido al espacio urbano. En la ciudad la accesibilidad es una de las características que más ha influido en su diferenciación interna (Miralles, 2003). La introducción de nuevas tecnologías de transporte, que posibilitan nuevos recorridos e incrementan las velocidades, ha ido modificando la accesibilidad a diferentes partes de la ciudad y ha ido perfilando diferencias internas en esta que ha supuesto un desigual juego de rentas. La zona que gana en interconectividad puede permitirse un aumento en las rentas y una modificación en la utilización del espacio (Cerdá, 2012). Se vuelve así al concepto de renta por localización de principios del siglo XX. Por tanto, la accesibilidad es una de las características que filtra y selecciona los tipos de actividades en un área determinada.

La superación de la fricción de la distancia depende de la tecnología que se aplica para resolver la movilidad de las personas, y por tanto, la accesibilidad se ha visto afectada por la incorporación de los medios de transporte mecánicos en la ciudad. Así, cuando el desplazamiento de las personas se realiza a pie, la accesibilidad se identificaba con la distancia en una relación inversamente proporcional. El lugar más accesible de la ciudad era el centro geométrico, puesto que era el lugar más próximo a cualquier punto de la ciudad. Esta relación se ha ido modificando en la medida en que se incorporaban los diversos medios de transporte que imponían velocidades y recorridos desiguales (Miralles, 2003). Aquellos medios que solo modificaban la velocidad, con lo cual posibilitaban el incremento de recorrido para una misma unidad de tiempo (coches de caballos, diligencias, bicicletas,

motocicletas, automóviles) han alterado únicamente las unidades, tanto temporales como espaciales. Ahora bien, aquellos medios de transporte que además de modificar la velocidad imponen un recorrido fijo (tren, tranvía, metro, etc.) no solo han ampliado el espacio utilizado, sino que han cambiado su forma. El lugar más accesible, aquel al que se puede llegar de forma más rápida, ha dejado de ser el centro geográfico de la ciudad y ha pasado a ser el lugar mejor servido por dichos medios de transporte. La accesibilidad ya no depende de las unidades temporales y espaciales, sino que está determinada por los recorridos y las velocidades de estos medios de transporte (Litman, 2003).

#### *2.1.5.2.- Las dimensiones de la accesibilidad*

Tal vez la dimensión más clara del concepto de accesibilidad es la de facilidad de paso de un punto a otro (o de una actividad a otra), lo que se puede generalizar bajo el concepto de fricción que ejerce la separación o el paso entre factores, entendiendo a la fricción como un esfuerzo de paso.

Desde el punto de vista práctico, diferentes estudios han reconocido otras dimensiones no menos importante de factores de fricción (Halden, 2005), lo que hace de la accesibilidad un concepto multidimensional. Estos factores o dimensiones de la accesibilidad (fricción) son la espacial; temporal, económica, física, ambiental, e intelectual (conocimiento y/o información).

Para cada uno de estos factores de fricción, la interacción entre las necesidades y circunstancias personales, la infraestructura local, el uso del suelo, y el transporte conforman una estructura de entendimiento de la accesibilidad, como se muestra en la figura II.5.



esto, las personas con empleos de bajos ingresos tienden a trabajar más cerca del hogar, u optan por combinaciones de medios de transporte más baratas.

Las accesibilidades económica, espaciales, y temporales se encuentran estrechamente relacionadas. Sin embargo, los intentos para calcular los costos generalizados incluyendo el valor del tiempo al interior de los modelos, tienden a ser limitado al uso de valores medios tanto de tiempo como de valor del tiempo. Estos valores por lo general no reflejan las dificultades económicas, ya que los valores de tiempo para los grupos desfavorecidos son muy diferentes de la media de valores que normalmente se utiliza (Metz, 2008).

La accesibilidad física se percibe como la más fácil de entender, y estos se pueden clasificar en función de la asistencia que requieren las personas para hacer un viaje con un modo particular. Las restricciones físicas también pueden presentarlas personas totalmente móviles, sobre todo cuando se realizan compra pesadas o están acompañado por niños pequeños. Sin embargo, existe una amplia difusión dentro de la sociedad respecto de los límites aceptables.

La accesibilidad ambiental, con su dimensión perceptual y actitudinal, en base a la seguridad real y percibida, confort, y calidad actúan durante todas las etapas del viaje (espera, viaje, y llegada a destino). En este aspecto, los umbrales en los que actúan la seguridad, calidad, y confort como elementos de disuasión aún no están bastante estudiados, o no se desprende de una investigación. Si está relativamente demostrado que la prestación de servicios de apoyo al viajar, tales como servicios de catering o de negocios, como conexión inalámbrica a Internet y tomas de corriente, cambia el entorno de viajar de manera tan significativa que las personas son mucho menos sensibles al tiempo de viaje (ob.cit.).

La accesibilidad intelectual<sup>11</sup> (conocimiento o información de las actividades) puede ayudar a reducir muchas de las incertidumbres que pueden actuar como fricciones para el uso de servicios de transporte y/o actividades. No sólo es la información básica útil, tales como una mayor certeza sobre los tiempos de viaje, los horarios de llegada y salida, sino también sobre la calidad del viaje, por ejemplo disponibilidad de un asiento. La preocupación acerca de dónde encontrar servicios de transporte público, y que los servicios pueden ser cancelados o no estar en operación, han sido identificados como importantes obstáculos para el uso del autobús (Halden, 2005).

Otros factores que afectan a la accesibilidad de información incluyen: la comodidad de las salas de espera y vehículos, la ayuda del personal, la disponibilidad de información para planificar el viaje, el tiempo dedicado a la planificación y reserva de viaje, la disponibilidad de información durante el viaje, etc.

En el anexo II.4 se presentan en detalle algunos métodos de medición de la accesibilidad.

***En síntesis,*** luego de lo expuesto, se puede plantear que el concepto de accesibilidad, y también el método de medición, presentan actualmente una gran divergencia. Probablemente, lo anterior se debe en gran medida a que su evolución como concepto se ha desvinculado de la línea temática en donde surgió (transporte), y ha recibido un cuerpo teórico propio, el que no se asienta en ninguna de las líneas clásicas. A pesar de esto, se puede decir que existe una

---

<sup>11</sup> Concepto acuñado en las investigaciones de accesibilidad para personas con limitaciones, en donde además se considera la actividad sensorial, que tiene relación con el sentir de la actividad en términos auditivos, visuales, etc. (Bustamante, 2009).

*relativa convergencia implícita hacia la consideración de dos factores que son la fricción de la separación, y las oportunidades (actividades). Esta concepción se asemeja al concepto de funcionalidad urbana, cuando se refiere a las actividades, es decir, en su acepción de atractividad. Sí existe una diferencia que radica en que el análisis de accesibilidad considera a la actividad como una oportunidad de desarrollar la actividad, sin referirse a la forma en que se desarrolla.*

*En muchos casos, los argumentos sobre la accesibilidad son un símil con las necesidades, o las actividades que satisfacen dichas necesidades. En términos de la tesis, esta relativa mala interpretación da más fuerza al planteamiento que el par acceso-actividad es indisoluble. En muchos casos la actividad no se puede desarrollar si no se puede acceder, o en otro sentido, existiendo el acceso, es la actividad la que no se puede llevar a cabo.*

## II.2.- Revisión del estado del arte en aspectos de localización y estructura de actividades

El interés de la tesis tiene relación con la funcionalidad de las actividades en la ciudad, caracterizada por el comportamiento de la población que desarrollaba dichas actividades.

Pero el desarrollo de una actividad requiere de determinados espacios físicos, espacialmente localizados. La actividad espacialmente localizada se conoce como el uso del suelo, tema que ha sido ampliamente estudiado y modelado. Son los modelos de localización de actividades los que han tenido un gran desarrollo en la literatura científica. Ahora bien, la estructura urbana es más que la localización de actividades (dada la definición adoptada en esta investigación), por lo que resulta relevante analizar el contexto histórico de la evolución del concepto.

En la década de los 40 50 se hace explícita la ruptura de la ciudad continua, y surge la imagen fragmentada y alveolar de la ciudad, como ya se mencionó en el capítulo I.

Si bien, originalmente el urbanismo de redes plantea a la red como un concepto de organización de relaciones, las dimensiones técnicas (también asociadas a la palabra red) ahogaron el enfoque original, reduciéndolo a redes físicas. Surgió así la visión de infraestructura como la solución mediática de los problemas de la población, dejando de ver la dimensión estructural de las mismas en los nodos, y sus interrelaciones.

Al analizar más allá de la forma y la tecnología, la estructura de una red genérica tiene que ver con la identificación de los nodos, y de los arcos que relaciones dichos nodos de la red. Esta concepción de elementos y relaciones entre ellos es la que se puede vislumbrar en los primeros planteamientos de Richard M. Hurd<sup>12</sup> (1924), cuando proponía que el proceso de formación de la estructura urbana de una ciudad pequeña dependía de las condiciones exógenas provenientes del entorno natural, y que la estructura primigenia surge cuando cada pieza de tierra es utilizada para realizar las actividades más convenientes, entendiendo dicha conveniencia como la que minimiza el esfuerzo total, y maximiza la satisfacción o beneficio de su utilización. Pero cuando la ciudad experimenta un crecimiento o una irrupción tecnológica en algunos de los procesos industriales o sociales que la sustentan, las condiciones exógenas son reemplazadas por condicionantes endógenas. Es entonces cuando cobra importancia la auto-organización espacial de las actividades que estructuran la ciudad (nodos interrelacionados a través de los arcos).

Como plantea Marmolejo (2004), *"ciertamente la estructura urbana no posee una condición citoplasmática puramente regida por las condicionantes exógenas y endógenas que pueda transformarse súbitamente a merced de las fluctuaciones de dichas condiciones. Cada etapa en la evolución del sistema se convierte en una cicatriz física y económica que condiciona el posterior desarrollo. Se trata de una acumulación espacial de capital privado, colectivo, y externalidades, que a la postre, influyen el comportamiento de los localizadores futuros."*

Pero Hurd va más allá y propone los elementos fundamentales que influyen en la auto-organización espacial, cuyo resultado es la estructura urbana. Los tres elementos fundamentales que proponen son:

---

<sup>12</sup> Considerado el padre de la economía urbana.

1. Las actividades que conformaran la estructura
2. La localización de dichas actividades, y las relaciones entre ellas
3. La intensidad de ocupación del espacio en donde se localiza, que puede ser expresada a través de la densidad.

Es interesante la diferenciación que hace Hurd entre la localización y la densidad, como elementos constitutivos (pero diferentes) en relación a la estructura urbana.

En el entendimiento original de Hurd, la ciudad se estructura en torno a tres tipos de actividades que son las relacionadas con; la residencia o habitación (de la población), con los negocios (orientados a ventas y/o a producción), y finalmente la relacionada con el tejido conectivo o conector de las actividades anteriores (sistema de comunicación).

En la actualidad existe un gran número de definiciones (enfoques) de estructura urbana, algunas más dialécticas como por ejemplo que

*"...por estructura urbana se entiende a la división de la ciudad en áreas con morfología y funciones características, la que resulta de un acuerdo social que asegura el bienestar del grupo y la adecuada convivencia. Por ello, la ciudad debe entenderse como un fenómeno vivo y permanente, íntimamente ligado a la cultura que acoge." (Wikipedia),*

Y otras simplemente morfológicas como que

*"...estructura urbana es el grado de concentración (espacial) de la población y la actividad económica.." (Anas, 1998).*

La literatura de los últimos años ha reforzado la segunda definición, como la que sintetiza en un fenómeno observable, las relaciones más complejas planteadas por los otros enfoques.

Como lo plantea Marmolejo (Marmolejo, Chica y Masip, 2012) los economistas se han preocupado principalmente por el análisis de la densidad, ya que *"en un escenario de libre mercado, la renta del suelo depende de la accesibilidad a los centros (subcentros) y la densidad depende de la renta del suelo; los picos de densidad son por lo tanto un indicador de centralidad."*

Una de las ventajas de esta decisión (respecto de lo que se entiende por estructura), es que se ha podido avanzar rápidamente hacia la evaluación los distintos efectos generados por la estructura urbana, que son principalmente económicos, sociales y ambientales. Pero los efectos antes mencionados se asocian a distintos tipos de estructuras (patrones locativos de actividades). En este sentido no han sido muchas las alternativas de estructuras estudiadas, ya que rápidamente se han reconocido sólo dos estructuras principales, que son el "mono" y el "poli" centrismo.

En este contexto, tampoco se aprecia una discusión relevante (de alta convocatoria) en la literatura científica, referente a que es un "centro o subcentro". Es ampliamente aceptada la idea de que un centro o subcentro son concentraciones comparativamente altas de actividad económica. Es esta medición relativa del valor de concentración el que ha generado la mayor parte de los métodos actuales de detección de centros o subcentros (valores altos).

Otra definición de consenso en el tema es el hecho de utilizar la densidad (de población y/o actividad económica) como medida de concentración o intensidad



espacial de la actividad, sobre la cual se aplican los métodos de detección de valores relativamente altos.

Lo que resulta de alguna forma paradójico<sup>13</sup>, es que dada la simpleza de las definiciones anteriores, muchas investigaciones actuales (como se verá más adelante) se enfocan a detectar las condiciones económicas, sociales, y ambientales que originan dichas estructuras.

Basado en los consensos antes descritos, es que se han desarrollado una gran cantidad de estudio, con distintas finalidades, como por ejemplo:

- Los que evalúan la relación de la estructura espacial con la sostenibilidad ambiental, en términos de suelo consumido, eficiencia energética, y emisiones de CO2 (por ejemplo Khan, 2000; Nijkamp y Finco, 2001, Muñiz y Galindo, 2001-2005; Bertaud, 2002; Camagni, 2002).
- Los que evalúan la importancia de la estructura espacial en relación a la justicia social y la segregación territorial (por ejemplo Evans, 1976; Rogers, 2000; Bertaud, 2002; Camagni, 2002).
- Los que evalúan el efecto de las distintas estructuras urbanas en los niveles de productividad y competitividad entre ciudades y regiones (por ejemplo Hall, 2006; Trullén, 1998; Camagni y Salone, 1993).
- Los que estudian como los procesos socioeconómicos y tecnológicos determinan la estructura espacial, generando economías y deseconomías, procesos de dispersión-concentración, y evaluando la eficiencia de una u otra estructura (por ejemplo García López, 2007; Marmolejo y Roca, 2009; McMillen, 2001; etc.), y debatiendo sobre las ventajas y desventajas de adoptar estos paradigmas de forma explícita en las políticas territoriales (Hall & Pain, 2006).

Dicho lo anterior, el objetivo de la presente tesis no es ahondar en esta línea de investigación, sino más bien adoptar los enfoques y métodos de mayor consenso y apoyo científico, con el fin de posteriormente evaluar la relación entre la funcionalidad de la población y las estructuras detectadas con estos métodos.

---

<sup>13</sup> En el sentido que Hurd originalmente los plantea como un elemento inicial constitutivo de las estructuras, y no deducido de forma posterior a la detección de la estructura.

### 2.2.1.- Algunos antecedentes de la evolución histórica de las ciudades desde el punto de vista de su estructura de actividades y de su funcionalidad

Desde las ciudades del mundo antigua hasta la edad moderna, pasando por la edad media, no se aprecian cambios significativos en la estructura amurallada de las ciudades, pero si en la funcionalidad de los habitantes. Se podría mencionar que el centro de estas ciudades pasó de un rol religioso ceremonial, a un rol político y económico.

Es en la ciudad industrial y contemporánea donde se rompe la estructura urbana y se altera (e intensifica) la funcionalidad. Miralles (2002) presenta claramente la evolución en este período, con un enfoque referido a la estructura urbana y el transporte. Por lo coherente de esta descripción con los objetivos de la tesis, a continuación se presenta una síntesis de ese trabajo.

Entre los años 1750 y 1850 la ciudad experimenta grandes cambios, no tan solo en masa poblacional, como se indicara, sino también en su morfología productos de cambios económicos y culturales. En los inicios del siglo XIX cambia la base productiva del territorio, pasando de la escala artesanal hacia la estructura industrializada de las actividades económicas. Este cambio comienza con una etapa de transición denominada por algunos autores como la era proto-industrial de las ciudades, para luego dar paso a la lógica industrial como tal. Este cambio de escala origina cambios en los patrones funcionales de la población, y cambios en los formatos de las edificaciones que acogen estas actividades productivas.

En la primera mitad del siglo XIX se desarrollan grandes avances tecnológicos en lo que se refiere a la producción y al transporte, por lo que surge la factibilidad para que las industrias puedan alejarse de los centros de suministro energético, para así agruparse y acercarse a los mercados de consumo. Al agruparse, se aprovechan las economías de aglomeración tanto en insumos como en productos, lo que a su vez potencia las economías de escala de dichas actividades.

Entre los años 1840 y 1850 se registra un acelerado crecimiento de las industrias en las ciudades. Esta revolución industrial no es solo tecnológica, sino también cultural, social y económica, ya que se cambia el paradigma de la economía basada en los recursos naturales, al paradigma de base industrial. Entonces, el binomio ciudad industria se potencia como una única asociación productiva y de consumo.

Respecto de la estructura de actividades en la ciudad, se puede observar que en el centro de la ciudad se posiciona el poder económico y político. La dispersión del trabajo en múltiples talleres-residencia (casa artesana) da paso a las grandes manufacturas. La casa artesana, de la ciudad preindustrial, cumplía funciones de producción y residencia, con múltiples familias, cuya organización respondía a la estructura de trabajo. En la ciudad industrial, la casa pierde su rol productivo, y se transforma en la "casa de familia". Este nuevo formato rompe la estructura anterior, aumentando verticalmente sus plantas, privilegiando el primer piso para ventas, y los restantes pisos sólo se da la función residencial, pero jerarquizada socialmente (clase alta en primeros pisos).

Las actividades manufactureras, por la necesidad de aumentar sus volúmenes de producción (en pos de las economías de escala), requieren de espacios mayores, y generalmente escasos al interior de las ciudades. Así la inmigración de las industrias rurales a la ciudad, y el surgimiento de la nueva industria manufacturera (concentradora de las antiguas actividades de escala artesanal) se da en los territorios periféricos inmediato de las ciudades.

Esta nueva estructura de la ciudad sitúa en el centro a la actividad comercial, servicios, administración y financiera, luego la actividad residencial con integración social espacial, pero segregación vertical, y finalmente la actividad industrial periférica. En base a esta nueva estructura surge formalmente el concepto de "movilidad obligada" de la población empleada hacia los centros de trabajo periférico.

Posteriormente, con la adopción de modos de transporte por parte de la clase obrera, la casa de familia rompe su estructura social vertical, generándose barrios residenciales especializados en función del rol de la población en el proceso productivo. Así se espacializan las funciones en la ciudad, se espacializa la división del trabajo, y se espacializan las clases sociales

La disociación espacial entre la residencia y el proceso productivo, y la movilidad espacial originada por esta situación, sumadas al surgimiento de los nuevos medios de transporte, obligan a rediseñar la ciudad, sobre todo sus nuevas periferias. La movilidad y el transporte (preferentemente mercancías), pasan a ser así un factor productivo más de la industria, que es necesario gestionar y hacer eficiente.

Esta orientación industrial única de la ciudad, y de sus planes de inversión, en desmedro de las actividades residenciales, comerciales, de servicios, de transporte de la población, unido a un incremento de la densidad (producto de la atracción de mano de obra rural), dan lugar al decaimiento formal y estructural de la ciudad industrial

En el periodo entre 1850 – 1900, los beneficios de aglomeración de la actividad productiva se transforman en externalidades negativas para las condiciones de calidad de vida en la ciudad, especialmente de la clase obrera. Se registran enfrentamientos entre clases, y protestas en los espacios de esta ciudad. Pero también en estos espacios se materializa el mercado y las actividades sociales, es por esta razón que la calle resulta atractiva para la protesta, pues se altera el funcionamiento cotidiano de la ciudad.

La situación antes de 1850 había creado ciudades densas y desorganizadas, en las que los problemas sanitarios, la congestión y las revueltas populares eran comunes. Así el poder público y privado se asocia para resolver estas situaciones, y surge el urbanismo como una disciplina específica orientada a ordenar la ciudad. Entonces el crecimiento fue controlado, adicionando nuevos territorios a las ciudades a través de ensanches

Entre 1850 y 1870 se generan una primera etapa de intervenciones urbanísticas, en donde los planes de inversión se orientan a las redes viarias y tecnologías de transporte para hacer factible la movilidad en un tiempo razonable. Surgen las primeras reformas del trazado medieval, y la incorporación de medios de transporte. La calle entonces deja su especialización de mercado y de actividades, para cumplir el rol de encauzar flujos. Las primeras acciones no modificaron significativamente el trazado medieval, asegurando mayores anchos, en la medida de lo posible. Luego surgen las normativas urbanas que resguardan los nuevos trazados y perfiles, orientados a su nuevo rol de circulación. A mediados del siglo XIX los nuevos diseños son rectilíneos, y desaparecen los callejones medievales, para lo cual se derrumban casas, y así lograr la conectividad para el movimiento.

Entre los años 1890 y 1900 surge la electrificación de las ciudades, con lo que se construyen grandes infraestructuras para trenes urbanos, viviendas populares, y remodelación de los centros históricos.

La lógica de esta nueva ciudad era resolver los problemas generados, en pos de resguardar y hacer más eficiente el proceso de producción, facilitando el transporte de mercancías y de personas (en la ciudad y hacia la periferia) y mejorar las relaciones funcionales entre las industrias, las infraestructuras de transporte, y la mano de obra. En la medida que la clase obrera pudo acceder a medios de transporte se disoció espacialmente de la industria.

Entre los años 1900 y 1940, se consolida el modelo descrito anteriormente. La regularidad en el transporte origina el concepto de “commuter”, que representa el viajero cotidiano que va a su trabajo, en el mismo recorrido y medio, por lo que se le conmuta o cambia la tarifa normal por una tarifa rebajada (lo que actualmente se conoce como la tarifa de viajero frecuente)

Se incrementa la terciarización del centro, y se consolidan las suburbanizaciones periféricas. Haciendo una comparación, en la ciudad de finales del siglo XIX, la ciudad es la que está dentro de los límites históricos medievales, en donde se dan varias actividades como la industrial, comercial y residencial, usos múltiples del espacio. En cambio en los inicios del siglo XX se ve la suburbanización periférica, la actividad residencial central se cambia por actividad terciaria.

La ciudad entonces es reconocida como una red de relaciones entre elementos y partes diferenciadas y alejadas. Esto origina que del enfoque netamente fabril, se pase a un enfoque económico genérico (comercios, y servicios). Por lo anterior, cualquier actividad que genere una masa mínima, es vista como una actividad económica.

En este período los medios de transporte resultan imprescindibles para una buena parte de la población que los necesita para realizar las tareas cotidianas. Es así que los transportes pasaran a ser opciones políticas sobre los modos de vida de los futuros ciudadanos

Por el hecho que la imagen que surge de la relación entre transporte y crecimiento urbano es evidente (lo que no necesariamente es causal), se adoptan distintos modelos a seguir, desde el punto de los planes de inversión, para generar modelos de vida deseados. Es así como las ciudades de Nueva York y los Ángeles pasan a ser los iconos de ciudad para todo el mundo, desplazando a París que fuese el icono hasta principios del siglo XX.

El modelo de ciudad Norte Americana es necesario entenderlo en su contexto de mercado. La industria del automóvil se hace más eficiente, abaratando los costos de producción, e implementando procedimientos de producción en cadena. Con el fin de desarrollar el mercado fue necesario establecer una estrategia para aumentar la demanda, como medio de transporte. En el caso norteamericano, la competencia no fue tal, pues se aplicaron políticas explícitas para primero, sustituir el transporte público (que ya para los años 1930-1940 alcanzara su apogeo) por autobuses, y segundo aumentar la demanda de coches con una estrategia de marketing orientada, en un principio, a mujeres dueñas de casa (inducir demanda de movilidad hasta ese entonces inexistente).

El modelo de ciudad americana también contempló el desarrollo de una nueva forma de planificación urbana, cuyos elementos principales era el *zoning*, como unidad espacial de planificación, asegurando así la especialización funcional de actividades, y por ende la separación espacial de las mismas. El otro elemento estructurante de esta nueva planificación fueron los estudios de diseño y planificación de redes de transporte, preferentemente de autopistas (que se reconocía como un elemento de selección y segregación de usuarios).

Los *urban planner* de 1930 argumentaban que los problemas de congestión que sufrían las ciudades era producto de la circulación de transporte público por superficie, y específicamente los tranvías, que tenían poca capacidad de transporte. Estos argumento fueron tomados por las autoridades para comenzar a disminuir este modo de transporte reemplazándolo por buses, y principalmente facilitando la movilidad en coche (autopistas y estacionamientos).

Entre los años 1940 a 1990 se consolida la metrópolis del automóvil, apoyada por varias situaciones contextuales. La experiencia de la segunda guerra mundial, a diferencia de la primera, genera una gran desarrollo en técnicas y metodologías que si bien originalmente se aplicaron a temas bélicos, posteriormente fueron muy útiles en variadas temáticas. Es así que se desarrolla la investigación de operaciones (técnica matemática de planteamiento y resolución de problemas matemáticos de optimización), y el análisis estratégico competitivo (visión militar de los negocios), entre otros.

Por otra parte, la reconstrucción de ciudades en la Europa postguerra plantea la necesidad de adoptar algún modelo específico. Luego se adoptó en general el modelo americano, con la única salvedad de no potenciar explícitamente el concepto de suburbios, pero si adoptando el enfoque de autopistas del transporte privado.

La ciudad a la cual se llega es la ciudad policéntrica, con especializaciones espaciales, y estrategias explícitas de localización sectorial, orientada con base en funciones de producción y consumo. Ya el enfoque industrial se cambia por el enfoque económico terciario.

***En síntesis***, se puede decir que los cambios en la ciudad industrial y contemporánea se producen principalmente por factores de aumento de escala de producción, apoyado por el desarrollo tecnológico. Este último hace posible, en una primera etapa la monofuncionalidad espacial de las actividades (se separan espacialmente las actividades económicas de la vivienda), y una segunda etapa de segregación socioespacial residencial (se separan las clases sociales). Los espacios adoptan mono-funciones, con alta intensidad de uso, y cuya interacción está asegurada por redes tecnológicas (transporte, energía, etc.), que aumentan paulatinamente su requerimiento de espacios propios (mono-especializado en flujos). Se sobrepasa el límite físico de la ciudad medieval mediante los "ensanches". En la ciudad contemporánea, la calle adopta el rol de espacio de flujo, y se puede decir que las actividades cotidianas que antes albergaba se concentran en subcentros cotidianos emergentes, los que finalmente se potencian conformando estructuras de alto policentrismo terciario, que se suma al policentrismo industrial periférico.

### 2.2.2.- Modelación y detección de estructura urbanas

Como ya se dijo antes, la estructura urbana se compone de la localización de actividades, por lo que resulta interesante hacer un pequeño análisis de las distintas orientaciones del gran desarrollo científico en términos de modelos de uso del suelo.

#### *2.2.2.1.- Los modelos de usos del suelo*

En la atractiva búsqueda de las generalidades de los fenómenos urbanos (Echeñique, 1995), han surgido variadas aproximaciones de modelamiento de las ciudades, unas más populares que otras.

En el estado del arte referente a la funcionalidad de las personas se expuso el avance de los modelos de uso de suelo y transporte. En este caso, se analizan los modelos urbanos desde el punto de vista de la localización y estructura de actividades.

Existen muchos estudios de clasificación de modelos urbanos, en base a diversos puntos de vistas, por lo que no es simple llegar a una única clasificación. A continuación se presentan los modelos agrupados en función de su enfoque original, caracterizándolos además según 1) si son modelos de localización de actividades independientes, 2) si localizan todas las actividades a la vez, aplicando el principio de subasta (equilibrio del mejor postor), y 3) si localizan todas las actividades a la vez, evaluando las interacciones entre ellas.

### **Modelos de ecología urbana**

Este enfoque surge originalmente de observaciones empíricas de conformación de distritos urbanos, por lo que son netamente enfoques morfológicos (formas de ordenamiento) de las actividades. Estos planteamientos carecían tanto de apoyo técnico (medición) como de apoyos teóricos complementarios (económicos, etc.), siendo su mayor valor la concepción relacional-ecológica entre las actividades urbanas.

El primer desarrollo de estos modelos es en 1925, cuando Burgues plantea su modelo conceptual de localización radial, y relación ecológica entre las actividades (incluida la población). En 1933 surgen los lineamientos de Mackenzie, Harris y Hullman, en el sentido que se rompe la lógica radial para dar paso a estructura polinucleares. En 1939 Hoyt plantea una estructura de sectores convergentes al centro. En 1940 Eshref, Shevky, Wendell, Bell, y Williams desarrollan de forma más exhaustiva las relaciones ecológicas sociales en el modelo original.

Finalmente, en 1965 Berry cambia la línea de desarrollo, al aplicar la técnica estadística de análisis factorial, para determinar zonas homogéneas en lo que respecta de las relaciones ecológico-sociales. En 1971 Murdie sistematiza el modelo de Berry.

Estos modelos localizan todas las actividades a la vez, de manera interrelacionada, por lo que pueden ser clasificados como modelos de estructura urbana.

La popularidad de estos modelos ha sido baja, dado que en general no tienen una formulación matemática con sustento teórico.

## Modelos de estructura espacial con base económica

En esta categoría se encuentra el modelo de Weber de 1909, que si bien tiene una base económica en su construcción, se ocupa de la espacialidad de los distintos factores de producción de la actividad industrial, acercándose al concepto de área de servicio.

Es esta área de servicio la que recoge Christaller en 1933 para desarrollar su teoría de lugares centrales, que no es más que un ordenamiento espacial de servidores de distinta jerarquía, de manera de optimizar las interacciones cliente-servicio. En 1940 Lösch formaliza el modelo de Christaller, y en 1958 Beckmann desarrollo el aspecto gravitacional de las áreas de servicio. A partir de estos modelos se han desarrollado una serie de trabajos.

Como se aprecia estos modelos pertenecen a la categoría de modelos de localización de actividades específicas (industrial en Weber, y servicios en Christaller). Lo atractivo del enfoque es su esencia estructural, es decir, la condición a priori de una localización relacionada con otras, y el planteamiento de jerarquía en estas relaciones.

## Modelo gravitacional con base económica

Esta línea de modelos surge del conocido modelo desarrollado en 1964 por Lowry, modelo que tiene una base conceptual económica, con una formulación gravitacional en la localización y relación entre las actividades de viviendas (población), empleos de servicios, y empleos de la base económica del territorio. Hace un tratamiento zonal del espacio (no lineal).

El año 1964, Crecine incorpora el tiempo de viaje como variable de distancia entre zonas. En 1966 Garin hace aportes significativos al modelo (restricciones de suelo disponible, etc.), con lo que surge el modelo Garin-Lowry.

En el año 1980 se produce un gran complemento de este modelo en el sentido que, por una parte, se asocia a un modelo input-output de economía regional, y por otra a modelos de previsión de transporte. Así, Echeñique estructura el modelo MEPLAN, y De la Barra el modelo TRANUS.

Los modelos presentados localizan todas las actividades a la vez, de manera de considerar la interacción entre ellas. Sus resultados dan cuenta de la intensidad de las actividades en y entre los territorios, por lo que se pueden catalogar como modelos de estructura urbana.

## Modelos de economía urbana

Estos modelos se caracterizan por tener ya no sólo una base conceptual, si que también una formulación económica en sus ecuaciones.

Esta familia de modelos es la que ha tenido el mayor desarrollo en la literatura científica, y también es la que ha tenido la mayor cantidad de cambios paradigmáticos.

Los modelos clásicos surgen en 1826 con Von Thünen, con un modelo de localización en base a costos de transporte, y renta de la tierra, donde se busca el equilibrio locativo a través de un procedimiento de subasta (mejor postor). Este enfoque de modelación inspiró muchos trabajos científicos, hasta que en 1961,

Wingo analiza formalmente el problema agregado con este enfoque, es decir, considerando las mismas variables de renta y costos de transporte, agrega la variable de consumo de suelo, por lo que distribuye la residencial en el territorio (lineal). Los planteamientos de Wingo, sobre todo el de incorporar el consumo de suelo, lo toma Alonso, y en 1964 publica su modelo de equilibrio locacional, por método de subasta, a partir de la disposición a pagar por distintas actividades. Sólo considera hogares y firmas, en un mercado lineal. A partir de este modelo se sucedieron una serie de mejoramientos, dentro de los cuales los más importantes fueron los de Mills, en 1967, que diferencia (aún más) las actividades que compiten por el uso del suelo. Otro aporte significativo lo hace Muth en 1969, desarrollando de forma más exhaustiva la conformación del valor del suelo y la actividad residencial.

En 1960, siguiendo los lineamientos de Wingo, y en parte de Alonso, Herbert y Stevens se ocupan de determinar el ordenamiento óptimo de todas las actividades en el territorio, bajo lógicas diferenciadas de optimización. Fue esta complejidad de las lógicas la que hizo que del modelo original sólo se desarrollara el modelo de localización residencial. Fue Seidman en 1964 el que desarrollo todos los submodelos originales del modelo de Herbert y Stevens, incorporando la programación lineal para optimizar la utilidad del hogar.

La solución de Seidman de los distintos submodelos generó la inquietud de aplicar nuevas técnicas, como son los modelos probabilísticos. Así, Chapin, Shirley, Weis, y Donenelly desarrollan en 1964 los modelos probabilísticos de desarrollo residencial, el que fuera mejorado por Harris en 1963, y ampliado a otras actividades por Wheaton en 1974.

Siguiendo la línea de Alonso, Muth, y Mills, en 1967 Wilson desarrolla un modelo de base microeconómica de localización, incorporando un comportamiento gravitacional en la relación entre actividades. Investigando en la teoría de la información, desarrollo el enfoque entrópico de calibración del modelo gravitacional. El atractivo del método duro hasta que en 1973, McFadden incorpora los modelos de utilidad aleatoria, en la elección discreta de la localización, en donde el equilibrio seguía siendo determinado por el proceso de subasta (mejor postor). Esta técnica revolucionó el panorama metodológico, en el cual se abandonó el enfoque entrópico gravitacional. A partir de 1982, con el modelo de Anas de evaluación de impactos en la elección de viviendas, se desarrollaron muchos modelos en esta línea. En 1989 Kim desarrolla su propio método de equilibrio para variados usos de suelo. En 1991 Martínez desarrolla su modelo Bid-Choice (MUSSA). En 1994 Anas amplía su modelo para variadas actividades, interactuando de forma iterativa con un modelo de transporte, cosa que ya Martínez lo había implementado en su modelo.

Siguiendo la línea de Herbert y Stevens de modelamiento agregado de actividades, surge de la mano de Fujita, en 1980, una familia de modelos denominados modelos de la nueva Economía Urbana. El modelo original de Fujita consideraba la repartición de vivienda entorno al CBD, pero la novedad era la consideración de una estructura de subcentros de atracción, conectados entre ellos, con lo que se rompía la monocentralidad impuesta por los modelos clásicos. En 1982 Fujita y Ogawa generalizan el modelo policentrico de localización de actividades, considerando tanto firmas y consumidores.

En esta línea, en 1995, se genera el modelo de Fujita y Krugman (actual premio nobel de economía), que era un modelo de equilibrio general de actividades. Esta nueva línea se ha denominado la "nueva geografía económica".

De lo expuesto no se puede dar una clasificación clara de los modelos analizados, ya que han pasado de la lógica individual de localización (con equilibrio por



subasta), a la lógica de demanda agregada. Ambas líneas son ampliamente utilizadas en la actualidad. Lo que sí se verifica es que de todas las formas, localizan varios tipos de actividades a la vez.

Llama la atención que los modelos de enfoque individual, desaprovecharan la oportunidad generada por Alonso, en el sentido de incorporar el consumo de suelo, como variable clave para determinar la densidad de la actividad.

### **Otros modelos territoriales**

Muchos otros desarrollos se han generado, que no se enmarca directamente en algunas de las familias antes presentadas. En general son estudios que se abordan a nivel territorial (no tan sólo urbano), con variadas escalas de análisis.

Dentro de estos modelos se puede mencionar el modelo inicial de Clark, en 1951, para explicar la densidad de la población, y su comportamiento de decaimiento exponencial con la distancia.

En 1972 Engle, Fisher, Harris, Rothenberg desarrollan un modelo macroeconómico de ingresos y empleos, con un modelos de ajuste residencial y de stock, para finalmente distribuir variadas actividades en el territorio.

En 1972, Ingram, Kain y Ginn calibran un modelo econométrico, también de gran escala como el anterior. En 1975, Brotchie, Sharpe y Yoakley aplican optimización lineal al modelo de gran escala anterior.

La optimización se aplica también como técnica de ordenamiento en el modelo de Boyce, Kain y Apgar, Prastacos, y al parecer en Wegener.

La diversidad de modelos presentados va desde la localización de actividades específicas, a modelaciones de gran escala y variadas actividades, de forma relacional o no, por lo que no existe una clasificación única.

A modo de resumen, a continuación (tabla II.3) se presenta la cronología de surgimiento de las distintas familias de modelos presentadas.

**Tabla II.3.-** Cronología de los modelos de usos del suelo

Año	Modelos de ecología urbana	Modelos de estructura espacial con base económica	Modelo gravitacional con base económica	Modelos de economía urbana			Modelos territoriales
				Clásicos	Microeconomía de utilidad aleatoria	Nueva economía urbana, nueva geografía económica	
1826				Von Thünen			
1909		Weber					
1925	Burgues						
1933	Mackenzie, Harris y Hullman	Christaller					
1939	Hoyt						
1940	Eshref Shevsky Wendell Bell y Williams	Lösch					
1951							Colin Clark
1958		Beckmann					
1960				Herbert-Stevens			
1961				Wingo			
1963				Harris			
1964			Lowry, Crecine	Alonso, Seidman, Chapin			
1965	Berry						
1966			Garin-Lowry				
1967				Mills	Wilson		
1968			Goldner				
1969				Muth			
1971	Murdie						
1972							Engle, Fisher, Harris, Rothenberg
1972							Ingram, Kain y Ginn
1973							Brotchie, Sharpe y Yoakley
1974				Wheaton			
1980			Echeñique, de la Barra			Ogawa y Fujita	
1982					Alex Anas	Fujita y Ogawa	
1983							Boyce
1985							Kain y Appar
1986							Prastacos
1989					Kim		
1991					Martinez		
1994					Alex Anas		
1995						Fujita y Krugman	
1998							Wegener

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se puede observar la evolución de modelos de enfoque más estructural, hacia la modelación de la localización individual. El auge de este enfoque se debe, al parecer, por el sustento técnico (y sus potencialidades) que genera la modelación de elección discreta, asociada al enfoque de utilidad aleatoria. Esta técnica permite replicar el comportamiento del mercado del suelo, a través del mecanismo de determinación de precios, como criterio de localización. Este mecanismo de asignación del suelo no ha sido posible de integrar en los enfoques estructurales agregados.

#### 2.2.2.2. - Métodos de medición de estructuras urbanas

Teniendo como referencia lo antes expuesto, a continuación se revisan los métodos actualmente utilizados en la determinación de estructuras urbanas.

En Marmolejo y Roca (2009) y en Marmolejo (Marmolejo, Chica y Masip, 2012) se presenta una síntesis crítica de la evolución y lógica de la medición de las estructuras urbanas, la que se sintetiza a continuación.

Los autores plantean que la medición de las estructuras de los sistemas urbanos es una cuestión aún no resuelta, dado que necesita apoyarse en una definición y conceptualización de lo que es un centro o subcentro.

Como se mencionaba al inicio de este apartado, las investigaciones económicas han avanzado en la definición del concepto de subcentro en base al análisis de la densidad, ya que en un escenario de libre mercado, la renta del suelo depende de la accesibilidad a los centros (subcentros) y la densidad depende de la renta del suelo, por lo que los picos de densidad son por lo tanto un indicador de centralidad (ob.cit.).

Por otro lado, la postura de los geógrafos se ha basado principalmente en el análisis funcional, ya que las interacciones entre los sitios dependen de la forma en cómo los nodos y los centros (subcentros) se posicionan en la red territorial.

Lo anterior hace que se identifiquen claramente dos familias de identificación de estructuras urbanas: 1) las que están basadas en el análisis de la densidad, y 2) aquellas basadas en el análisis de los flujos.

### Métodos basados en densidad

El análisis de la densidad, generalmente de tipo económico por vía del número de empleos localizados, o demográfico por vía del número de residentes, es el enfoque que más se ha utilizado en la literatura científica. La densidad, como indicador de concentración de la actividad, tiene por ventajas dar cuenta de la intensidad de uso del espacio, y permite hacer comparables las unidades de análisis cuando presentan formas diferentes (límites, superficies, etc.).

Dentro del enfoque de densidad se reconocen 4 líneas diferentes de métodos de detección de subcentros estructuradores del territorio, que son:

- La primera línea fue iniciada por McDonald (1987), y se basa en la identificación de “picos” de densidad de empleo en relación a las zonas contiguas. El autor sugiere que un subcentro es un segundo “pico” de densidad, tras el distrito de negocios central (CBD en sus siglas inglesas). Dicho criterio consiste en analizar, mediante un SIG, la distribución espacial de la densidad, destacando los picos locales de empleo como posibles candidatos a subcentro, asimismo es posible analizar la ratio empleo/población para detectar los sitios con mayor concentración relativa. Gordon, H. Richardson y H. Wong (1986) restringieron el número de subcentros a aquellas zonas con altos *t-values* en un modelo policéntrico de población y empleo; este camino fue ampliado por McDonald y McMillen (1990), así como por Craig y Pin (2001).
- La segunda línea metodológica, sugerida originalmente por Giuliano y Small (1991), consiste en utilizar umbrales de referencia (*cutoffs*) que permiten identificar subcentros. Los autores anteriores propusieron considerar como subcentros a aquellas secciones censales contiguas con una densidad superior a 10 empleos por acre (que equivalen a 2.500 empleos por km<sup>2</sup>), y con una masa crítica conjunta de, al menos, 10.000 empleos. Según McMillen (2001), el interés de estos umbrales radica en el conocimiento cualitativo de la realidad metropolitana que les da soporte, además de que permiten el análisis histórico de la estructura de subcentros (Song, 1994; Cervero & Wu, 1997; McMillen & McDonald, 1997; Bogart & Ferry, 1999; Anderson & Bogart, 2001; Shearmur & Coffey, 2002; Giuliano & Readfearn, 2007). Sin embargo este método es sensible al umbral a partir del cual puede considerarse como subcentro un ámbito determinado y por tanto depende enormemente del conocimiento local de la zona (McMillen & Smith, 2003). En esta línea Muñoz y García-López (2008) han propuesto, para la Región Metropolitana de Barcelona, como subcentros a aquellos municipios con una densidad superior a la media y que a la vez concentren al menos el 1% de empleos del sistema. En cambio en el proyecto Polynet, la densidad mínima es de sólo 700 empleos por Km<sup>2</sup> y al menos 20.000 empleos (Hall y Pain, 2006), en una única NUT5 (municipios en España), o su agregación si son continuas, puede que esta menor densidad responda a la naturaleza urbana de las ciudades centrales del norte de Europa.
- Desde una perspectiva econométrica, una tercera línea busca la identificación de los subcentros mediante la utilización de modelos paramétricos, y muy especialmente mediante el análisis de los residuos en

una función densidad de empleo exponencial negativa. McDonald & Prather (1994) han ensayado varios modelos en los que los subcentros se delimitan mediante el análisis de los residuos positivos, significativos al 95% de confianza (McMillen, 2001; McDonald, 1987; McDonald & McMillen, 1990). En este mismo conjunto de métodos Muñiz, Galindo y García-López (2003) han ensayado otras formas funcionales de mayor complejidad como las *splines* más adecuadas a la realidad de las metrópolis de la Europa meridional, y más flexibles al reconocer las discontinuidades y la influencia del urbanismo funcionalista en las metrópolis contemporáneas. Sin embargo, como el propio McMillen (2003) reconoce, una de las limitaciones de los modelos paramétricos es la mayor dificultad para comparar los resultados entre ciudades, al contrario de lo que ocurre con los umbrales de Giuliano y Small (1991), asimismo padecen de los problemas econométricos típicos (*i.e.* especificación, heterocedasticidad, multicolinealidad, autocorrelación espacial, etc.). También surge la contraposición con el nivel de conocimiento local que se tiene del sistema urbano (McMillen 2001, 2003).

- La última línea está formada por métodos no-paramétricos, como la *locally o geographically weighted regression* (L o GWR), para la identificación de “picos” locales de densidad de empleo. Desde esta perspectiva la estimación no paramétrica de la densidad de empleo se produce localmente, lo que permite adaptar el manto de densidades a la realidad espacial de la estructura urbana (McMillen, 2001 y 2003; Craig & Ng, 2001; Readfearn, 2007). Es decir, estos modelos son capaces de ajustarse a gradientes diferenciales de densidad en un mismo contexto metropolitano, con realidades complejas como las policéntricas.

### Métodos basados en flujos

Una perspectiva más innovadora, aunque menos utilizada, es la basada en el análisis de los flujos. En el fondo esta segunda línea parte de la hipótesis, de que un subcentro, además de ser un punto denso en el espacio, es aquel capaz de estructurar, mediante relaciones funcionales, el territorio que le rodea, con independencia de que, adicionalmente, influya sobre su función de densidad.

Los trabajos de Bourne (1989), Gordon & Richardson (1986), Burns, Moix & Roca (2001), y Marmolejo & Roca (2009) son algunos referentes en este ámbito. Según estos últimos autores, mediante el análisis de la interacción que se genera entre los diferentes municipios, y en concreto mediante el índice o valor de interacción cuyas raíces se afincan en el trabajo de Coombes y Openshaw (1982), es posible encontrar aquellas áreas cohesionadas por relaciones funcionales más potentes (protosistemas), de manera que el municipio con mayor masa crítica y densidad de este conjunto, es asimismo, el que posee las relaciones más intensas con el resto, es decir, un subcentro. Se trata, por tanto, de un proceso de delimitación de abajo hacia arriba, en dónde primero se establece el área de influencia, y en seguida, se detecta el punto que irradia dicha influencia (*i.e.* que atrae y emite proporcionalmente más flujos residencia-trabajo). Nótese que cuestión distinta es la identificación de las áreas de influencia de los centros o subcentros (*i.e.* *hinterlands*).

El procedimiento para construir áreas funcionales (Roca, 2011) comienza con el cálculo del valor de interacción, indicador que se calcula a partir de la matriz de interacciones residencia trabajo en el territorio. De la matriz residencia-trabajo se obtienen, para cada zona, la población ocupada residente (en adelante POR) y los lugares de trabajo localizados (en adelante LTL).

El procedimiento para construir un protosistema funcional, parte del cálculo de la matriz de valores de interacción (VI), a partir de la siguiente ecuación:

$$VI_{ij} = \frac{F_{ij}^2}{POR_i LTL_j} + \frac{F_{ji}^2}{POR_j LTL_i} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde  $i$  y  $j$  son las zonas de origen y de destino respectivamente,  $F_{ij}$  es el flujo de trabajadores entre las zonas  $i$  y  $j$ ,  $POR_i$  es la población ocupada residente de la zona  $i$  (suma por fila de la matriz), y  $LTL_j$  son los lugares de trabajo localizados en la zona  $j$  (suma por columnas de la matriz). La matriz de valores de interacción que resulta de la aplicación de la ecuación, es simétrica, ya que el valor de interacción entre  $i$  y  $j$  es igual que entre  $j$  e  $i$ . Esta particularidad de la matriz de interacción hace que se pierda, de cierta forma, la direccionalidad de las relaciones, pues se elimina la diferencia entre los valores absolutos de los flujos  $F_{ij}$  respecto del  $F_{ji}$ .

Analizando cada término de la fórmula se llega a la conclusión que el valor de interacción es la suma de dos probabilidades, cada una de ellas calculada en base a la probabilidad compuesta de salir de una zona y llegar a la otra, es decir, es la multiplicación de la probabilidad de que un flujo salga desde  $i$  en dirección a  $j$  ( $F_{ij}/POR_i$ ), y por la probabilidad de que un flujo que llega a  $j$  venga desde  $i$  ( $F_{ji}/LTL_j$ ).

A partir de la matriz de valores de interacción se generan los denominados protosistemas o sistemas funcionales locales. Para esto se asocian funcionalmente todas las zonas en virtud de su máximo valor de interacción, de manera que los protosistemas se terminan de constituir sólo cuando todas las zonas que lo componen tienen su máximo valor de interacción con otra zona del mismo protosistema, y además que el conjunto sea físicamente contiguo<sup>14</sup>. Los protosistemas, así contruidos, se reconocen como las "*piezas básicas en que se estructura el territorio*".

A partir de estas piezas básicas, se conforman *Sistemas Urbanos*, aplicando criterios de *autocontención* y de contigüidad. El criterio de autocontención aplicado se refiere a que el porcentaje de POR que se queda a trabajar en el protosistema sea igual o superior al 50%, así se entiende que sólo puede llamarse "ciudad" a aquellos sistemas urbanos capaces de retener al menos un 50% de la población ocupada residente (ob.cit.).

De lo anterior se obtienen sistemas urbanos funcionales, es decir, basados en el comportamiento de las interacciones.

**En síntesis**, como bien apunta Marmolejo, los dos enfoques principales de análisis de estructuras de actividades en áreas metropolitanas, se han centrado alternativamente en analizar qué tan densos o atractivos (en términos de flujos) son los lugares que son potencialmente subcentros, relegando el hecho básico de que la densidad y la movilidad son dos caras inseparables de una misma moneda, producidas por el comportamiento espacio-temporal de las personas: sus decisiones sobre dónde hacer sus actividades, cómo moverse por el territorio y la cantidad de tiempo que dedican a una y otra cosa.

<sup>14</sup> Restricción que ha variado dependiendo de las distintas aplicaciones reportadas en la literatura.

*Aparentemente el definir la densidad (poblacional y empleo) como la variable principal de concentración de actividades, condiciona fuertemente los enfoques y métodos de detección de estructuras espaciales, sin mostrar aún el beneficio de integrar otro tipo de métodos, como los basados en flujo, que entregan una aproximación más cercana a la funcionalidad, pero que, por sí solos aún no son capaces de detectar centralidades.*

*Llama la atención, de lo analizando en el apartado de los modelos de usos de suelo, que dada la gran diversidad de modelos y técnicas aplicadas tanto para simular la localización como la densidad de las actividades, los métodos de detección de estructuras no reconozcan estos aportes, ni se implementen en alguno de los desarrollos existentes. También llama la atención que la diversidad de actividades que manejan los modelos de usos de suelo, se pierda y se reduzca sólo a población y empleos en los métodos de detección de estructuras.*

*Pero como se planteó al inicio del apartado, el objetivo de la presente tesis no es ahondar en esta línea de investigación, sino más bien conocer y adoptar los enfoques y métodos de mayor consenso científico, con el fin de posteriormente evaluar la relación entre la funcionalidad de la población y las estructuras caracterizadas con dichos métodos.*

## CAPÍTULO III

### BASE CONCEPTUAL Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta la base conceptual desarrollada para la investigación, la que posteriormente origina la base técnica-metodológica finalmente aplicada en el trabajo de tesis.

#### III.2.- Base conceptual de la investigación

##### 3.2.1.- Análisis crítico del estado del arte

Analizando el estado del arte de las distintas líneas de investigación relevantes para el tema de la funcionalidad urbana, se puede plantear que no existe una base conceptual única. Las distintas disciplinas analizadas presentan sus propias estructuras conceptuales, orientadas a objetivos particulares. A pesar de lo anterior, sus aproximaciones de entendimiento y medición sí presentan potencialidades para conformar una base conceptual para la funcionalidad urbana.

Para explicar lo anterior es necesario analizar los requerimientos metodológicos que exige el enfoque de funcionalidad urbana, los que se pueden resumir en cuatro factores principales, que tienen relación con:

- El tratamiento del tiempo: referido a la forma en que se considera la variabilidad temporal. En este sentido los enfoques pueden ser a-temporales (que no considera variabilidad temporal), o temporales (que sí la considera).
- El tratamiento del espacio: referido a la forma en que se considera la variabilidad espacial. En este sentido los enfoques pueden ser a-espaciales (que no considera variabilidad espacial), o espaciales (que sí la considera).
- La unidad social analizada: referido a si se analiza a la persona en su comportamiento individual, o la agregación de estos en un comportamiento de masa social (agregado).
- El tratamiento de las actividades urbanas cotidianas: referido a si se diferencia las actividades que se desarrollan en la ciudad (diferencia), o las considera de forma agregada, o simplemente no considera las actividades urbanas.

En este espacio de cuatro dimensiones, el enfoque de funcionalidad urbana requiere de una aproximación temporal, espacial, agregado (masa social), y diferenciar las actividades cotidianas. Con estas condiciones como regla de evaluación se han caracterizando las distintas líneas de investigación presentadas en el estado del arte. El resultado de esto es un diagnóstico sintético que se presenta en la tabla III.1.

**Tabla III.1.- Diagnóstico sintético del estado del arte de las líneas de investigación analizadas**

Línea de investigación	Tratamiento del tiempo	Tratamiento del espacio	Unidad social	Tratamiento de actividades urbanas
Sociología del tiempo	<p>En este caso existe un tratamiento explícito del tiempo, con un minucioso detalle.</p> <p>La evolución de los estudios confirma esta situación.</p> <p>Clasificación: <b>TEMPORAL</b></p>	<p>En este caso no existe un tratamiento del espacio geográfico como tal. Sí se considera el término de localización (o ubicación), pero referido al lugar (espacio construido) donde se desarrollan las actividades que consumen tiempo.</p> <p>La evolución de los estudios muestra un cambio (aún emergente) en este sentido, incorporando la microlocalización geográfica gracias al desarrollo de tecnología de posicionamiento satelital.</p> <p>A pesar de lo anterior, a nivel analítico, no se ve una tendencia de incorporar de mejor forma el espacio geográfico.</p> <p>Clasificación: <b>A-ESPACIAL</b></p>	<p>En este caso se analiza principalmente a la persona, y a lo más se consideran grupos de personas, cuyo acoplamiento temporal es necesario para el desarrollo de las actividades.</p> <p>La evolución de los estudios confirma esta situación.</p> <p>Clasificación: <b>INDIVIDUAL</b></p>	<p>En este caso existe un micro-diferenciación (muy detallada) de actividades de desempeño individual, pero de poca representatividad urbana.</p> <p>Existe la tendencia a mantener el interés en las actividades emblemáticas, que dieron sentido a los estudios de usos del tiempo. Siendo estas las actividades al interior del hogar, y fuera del hogar, principalmente las relacionadas con el trabajo remunerado.</p> <p>La evolución de los estudios confirma esta situación.</p> <p>Clasificación: <b>NO DIFERENCIA</b></p>
Sociología del espacio de movilidad	<p>En este caso el tratamiento del tiempo no es explícito.</p> <p>La evolución de los estudios no muestra una tendencia a incorporarlo de forma explícita.</p> <p>Clasificación: <b>A-TEMPORAL</b></p>	<p>En este caso sí existe un tratamiento explícito del espacio, no con un enfoque geográfico, sino más bien con una referencia relativa a lo que se entiende por espacio vital, o de experiencias cotidianas.</p> <p>La evolución de los estudios muestra que (por ahora) es el análisis del espacio de la movilidad como un lugar (y sus efectos en la movilidad social) la gran innovación en estos estudios (etnográficos).</p> <p>Clasificación: <b>ESPACIAL</b></p>	<p>En este caso se analiza principalmente a la persona, y cuando mucho se consideran grupos de personas, cuyo acoplamiento espacial surge como resultado de su patrón de movilidad.</p> <p>La evolución de los estudios confirma esta situación.</p> <p>Clasificación: <b>INDIVIDUAL</b></p>	<p>En este caso no existe una diferenciación de actividades urbanas. Lo que sí se analiza es la actividad de transporte (o movilidad), dado la innovación en la incorporación y análisis de estos espacio.</p> <p>La evolución de los estudios confirma esta situación.</p> <p>Clasificación: <b>NO DIFERENCIA</b></p>
Geografía del tiempo	<p>En este caso hay un tratamiento explícito del tiempo.</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta situación.</p> <p>Clasificación: <b>TEMPORAL</b></p>	<p>En este caso hay un tratamiento explícito del espacio, a escala urbana.</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta situación.</p> <p>Clasificación:</p>	<p>En este caso se analiza principalmente a la persona, y a lo más se consideran grupos de personas, cuyo acoplamiento temporal y espacial son necesarios para el desarrollo de las</p>	<p>En este caso si se diferencian las actividades urbanas, y además se analiza la secuencia de actividades desarrolladas.</p> <p>La evolución de los estudios mantiene</p>



		<b>ESPACIAL</b>	<p>actividades.</p> <p>La evolución de los estudios confirma esta situación.</p> <p>Clasificación : <b>INDIVIDUAL</b></p>	<p>esta tendencia</p> <p>Clasificación : <b>DIFERENCIA</b></p>
Transporte y movilidad	<p>Originalmente esta línea de investigación se enfocaba solamente a la hora de más carga del sistema de transporte (hora pico o punta), siendo muy común que los modelos se calibraran para la hora punta, y los beneficios de los proyectos se expandieran a todo el día.</p> <p>En los últimos desarrollos de este tipo de modelos, se logró diferenciar el tiempo, en lo que se refiere a la asignación de viajes a la red.</p> <p>Con el cambio de paradigma (el paso del enfoque de viajes al de actividades), irrumpe la dimensión temporal en esta línea, convirtiéndose en el elemento principal de caracterización de los desplazamientos y el desarrollo de actividades.</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta última situación.</p> <p>Clasificación: <b>TEMPORAL</b></p>	<p>Originalmente esta línea de investigación trataba el espacio de manera explícita (dado que es un requerimiento de los modelos de transporte).</p> <p>Con el cambio de paradigma (el paso del enfoque de viajes al de actividades), si bien se declara la importancia del tiempo y el espacio, los nuevos desarrollos tratan de forma muy simplista (modelo matemático de elección del destino, que se ajusta a lo observado, pero no elabora una mayor explicación) la componente espacial en los análisis.</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta última situación.</p> <p>Clasificación: <b>A-ESPACIAL</b></p>	<p>Originalmente esta línea de investigación consideraba los viajes de manera agregada.</p> <p>Con el cambio de paradigma (el paso del enfoque de viajes al de actividades), la unidad de análisis cambió a ser el viajero. Frente a la necesidad de determinar una demanda agregada, se extrapola el comportamiento al total de población</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta última situación.</p> <p>Clasificación: <b>INDIVIDUAL</b></p>	<p>En este caso si se diferencian las actividades urbanas.</p> <p>Originalmente las actividades se consideraban de forma independiente. Con el cambio de paradigma se analiza la secuencia de actividades desarrolladas, y los modos de transporte asociados.</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta tendencia</p> <p>Clasificación : <b>DIFERENCIA</b></p>
Accesibilidad	<p>En este caso hay un tratamiento explícito del tiempo, pues es parte del cálculo de los límites de acceso. Pero, en general no se consideran los tiempos de las actividades, siendo una singularidad los métodos tiempo-espacio, que sí los consideran (prisma tiempo-espacio).</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta situación.</p> <p>Clasificación: <b>TEMPORAL</b></p>	<p>En este caso hay un tratamiento explícito del espacio, pues es parte del cálculo de los límites de acceso.</p> <p>La evolución de los estudios mantiene esta situación, pero muestran una tendencia a incorporar información microespacial, apoyado en tecnología GPS.</p> <p>Clasificación: <b>ESPACIAL</b></p>	<p>En este caso se dan dos formas de análisis. La primera, y de mayor desarrollo científico, se basa en la persona, determinando su espacio de oportunidades potenciales. El segundo enfoque se asocia a la oportunidad, identificando el espacio de demanda potencial. En ambos casos, el análisis es de base individual. La evolución de los estudios confirma esta situación.</p> <p>Clasificación : <b>INDIVIDUAL</b></p>	<p>En este caso no existe una diferenciación de actividades, dado que se clasifican todas las actividades (localizadas) en términos de oportunidades.</p> <p>La evolución de los estudios muestra la diferenciación de algunas actividades, pero no es lo común, por lo que se mantiene la situación diagnosticada.</p> <p>Clasificación : <b>NO-DIFERENCIA</b></p>

Fuente: elaboración propia

Comparando el diagnóstico presentado en la tabla anterior y los requerimientos del enfoque de funcionalidad urbana, se aprecia que ninguna línea se ajusta completamente a lo requerido.

Llama la atención la tendencia general de todas las líneas de investigación, hacia el análisis individual. Esto si bien es parte del origen de las líneas sociológicas, lo que sorprende es la evolución de la línea de transporte y movilidad (eminentemente agregada).

Lo anterior se puede atribuir, por una parte a la fortaleza del enfoque microeconómico individual que ha impreso la economía urbana en todos los ámbitos de estudio, apoyada por el desarrollo de técnicas de modelamiento individual de elecciones, que ha revolucionado el estado del arte de las investigaciones de los comportamientos individuales. A lo anterior se suma el desarrollo de técnicas computacionales y de visualización de la "simulación" y caracterización de comportamientos individuales.

La presente tesis no menosprecia el aporte y la riqueza del análisis y entendimiento del comportamiento individual logrado en la actualidad, pero si pone de manifiesto la duda de en qué medida dicho comportamiento individual se explica por posibles sinergias en la agregación de comportamientos individuales, efectos que actualmente son invisibles.

En relación a los requerimientos de la funcionalidad urbana, la línea de mayor conformidad (similar forma) es la geografía del tiempo. Esta línea de investigación, dada su esencia geográfica, se muestra como un enfoque altamente integrador de todas las disciplinas presentadas. Por ejemplo, en el eje temporal (vertical) se pueden reconocer las líneas de estudios del uso del tiempo, así como los actuales desarrollos de los modelos de demanda de transporte en base a actividades. En su eje espacial se reconocer el enfoque tradicional de modelación de transporte, así como los modelos de localización de actividades, y los estudios sociológicos de uso del espacio.

El único, y no menor, problema que se debe resolver, para cumplir el requerimiento de la funcionalidad urbana, es su agregación a la totalidad de la población.

### 3.2.2.- Base conceptual

Si bien hasta aquí se ha explicado lo que se quiere lograr, se ha argumentado su necesidad y utilidad, se ha diagnosticado el estado del arte como para conformar su base metodológica, surge la duda de si existe o no una base conceptual en donde asentar el nuevo conocimiento<sup>1</sup>.

La respuesta a la pregunta anterior es que sí existen planteamientos teórico-conceptuales que sustenta directa o indirectamente el enfoque de funcionalidad urbana. Dicho lo anterior, y como se verá a continuación, los distintos desarrollos teóricos presentan sus propios enfoques, los que responden a distintos "conflictos" paradigmáticos al interior de las respectivas especialidades.

En términos semánticos, son muchos los desarrollos que se podría pensar están en la línea de la funcionalidad urbana. Es el caso de los "espacios de flujo" de Manuel Castells (1996), o el "ballet de la acera" de Jane Jacobs. Pero son pocos los

---

<sup>1</sup> Entendido el nuevo conocimiento como el producto que surge de la aplicación de un proceso científico para crear un conocimiento nuevo en el ámbito del problema de investigación.

planteamientos que amplían su escala de análisis del individuo, hasta centrarse en la ciudad como el elemento de análisis.

A continuación se presentan de forma sintética dos enfoques que cumplen, en cierta medida, con la escala urbana requerida, además de incluir los conceptos esenciales de la funcionalidad.

### 3.2.2.1.- Lefebvre y su análisis de los ritmos (*Rhythmanalysis*)

Se pueden distinguir dos etapas en las obras finales de Henri Lefebvre. Una primera etapa se centra en el espacio (el espacio social), y la segunda en el tiempo (el tiempo social).

La obra no completa de Henri Lefebvre denominado "*rhythmanalysis*" o "análisis de los ritmos", se relaciona estrechamente a su serie de trabajos sobre la "crítica de la vida cotidiana", considerándose como el cuarto volumen de la serie.

Meyer (2008) en su trabajo "ritmos, calles, y ciudades" hace una buena presentación de los planteamientos originales de Lefebvre, la cual se presenta a continuación de forma sintética.

El análisis del ritmo se publicó bajo el título de "*Elements of Rhythmanalysis*" en 1992, un año después de su muerte. Se compone de siete capítulos relativamente conectados<sup>2</sup>, y un estudio independiente de los ritmos de las ciudades mediterráneas.

Este trabajo ayuda a penetrar en el núcleo interno de la crítica de Lefebvre a la vida cotidiana, es decir, a los análisis relacionados con el orden temporal de los ritmos de la vida cotidiana. En el tercer volumen de la crítica de la vida cotidiana, se plantea la génesis del análisis del ritmo, en la declaración de la necesidad de una nueva ciencia de investigación de las complejas interacciones de los ritmos *cíclicos* y ritmos *lineales*.

En el segundo volumen de la crítica de la vida cotidiana, Lefebvre describe por primera vez la interacción múltiple de tiempo cíclico y tiempo lineal. Así explica que durante el largo período antes de que el hombre dominara la naturaleza, los seres humanos (desde su nacimiento hasta su muerte) se regían por los ritmos naturales y cósmicos. La periodicidad de los días, semanas, meses, estaciones, y años, dio a la existencia humana un orden rítmico *fiable*. Estrictamente hablando, el tiempo rítmico no conoce ni el principio ni el fin.

*"Cada ciclo nace de otro ciclo y se sumerge en otros movimientos circulares. El tiempo cíclico no excluye una acción repetitiva. Los no ciclos vuelven exactamente a su punto de partida o se reproduce exactamente".*

El hombre moderno, integrado en los procedimientos racionales de un mundo tecno-industrial, está sujeto al flujo lineal del tiempo.

*"El tiempo lineal es continuo y discontinuo a la vez. Continuo, ya que su principio es absoluto, y que crece indefinidamente a partir de un cero inicial. Discontinuo ya que se fragmenta en escalas de tiempo parciales que se asignan a una u otra cosa, de acuerdo a un programa que es abstracto en relación con el tiempo. Se fracciona en forma indefinida. Las prácticas que fraccionan el tiempo también producen patrones repetitivos, y si no es así,*

---

<sup>2</sup> La recopilación y unión de los textos fueron realizados por sus amigos

*no pueden formar parte de un ritmo los gestos de tareas parciales que se inician o cesan en cualquier momento”.*

El tiempo cíclico no ha desaparecido incluso en la modernidad. En una gran ciudad donde el transporte público funciona durante todo el día, ciertas necesidades o hábitos como el hambre, el sueño y la sexualidad responden a sus profundas raíces cíclicas. El objetivo de la crítica de la vida cotidiana es el de investigar la continuidad del tiempo rítmico en el flujo lineal del tiempo de la sociedad industrial moderna, para estudiar interferencias entre el tiempo cíclico y tiempo lineal.

Lefebvre comienza su póstuma teoría del ritmo con una discusión de conceptos y categorías. Es sólo más tarde que procede a demostrar la aplicación práctica de lo que plantea. Conscientemente se mueve de lo abstracto a lo concreto, por lo que no comienza con entidades particulares como los ritmos corporales (la respiración, el pulso, la circulación sanguínea). En primer lugar muestra que la expresión ritmo se emplea de manera diferente, ya que en la música su significado es diferente que el de la historia o la economía, donde se habla de épocas, períodos o ciclos como movimientos rápidos o lentos. Los ciclos que impulsan a una pieza mecánica se diferencian de los movimientos que orgánicamente presentan un ritmo. Los conceptos de medida y medición del tiempo, al parecer tan claros, conducen a dificultades especiales (¿medir el continuo del tiempo en segundos, millonésima de segundo, o en años?). Cada ritmo (sea el corazón, la respiración, o incluso la hora de trabajo) tiene su propia medida. Son la velocidad y la frecuencia las que determinan el ritmo.

Lefebvre esboza el perfil del analista del ritmo, que difiere del psicoanalista. El analista del ritmo es todo oído, escucha no sólo palabras, sino que todo lo que ocurre en el mundo. Considera cosas que por lo general apenas se notan (el ruido y el sonido). Presta atención a la algarabía de voces, pero también al silencio. El analista del ritmo no da un juicio precipitado, sin embargo, a diferencia del psicoanalista, no está obligado a permanecer pasivo. Siempre está escuchando a su cuerpo, a lo que se comunica con él. Es sólo entonces que él percibe ritmos que vienen de fuera. El cuerpo es, por así decirlo, su instrumento de medición. El analista del ritmo es dueño de técnicas de probada eficacia: la técnica de respiración, los ritmos del corazón, el uso de músculos y extremidades. La Filosofía ha descuidado durante un largo período de tiempo al cuerpo, dejándolo a la fisiología y la medicina. El cuerpo consta de un haz de ritmos. En condiciones normales, los ritmos diferentes existen en armonía, es decir, en un estado de “euritmia”. Cada órgano y cada función del cuerpo tiene un ritmo propio, y su actuar en conjunto mantiene el cuerpo en equilibrio. Los trastornos arrítmicos provienen de un des-equilibrio. Lo que se encuentra fuera del cuerpo, lo que se deriva de la naturaleza y la sociedad, también componen un conjunto de ritmos. Todos estos ritmos desean ser “escuchados”.

Según Lefebvre aún no existía una teoría general de los ritmos. Cualquier concepción que aspirara a la uniformidad se quiebra al enfrentar la diversidad de los ritmos individuales. Chrono-biólogos han intentado dilucidar cómo los seres vivos son dirigidos por un “reloj interno” o por las fuerzas astronómicas (luna, el sol, las estrellas). Podemos establecer que el cuerpo humano funciona polirítmicamente (desde el parpadeo de un ojo, a la inhalación-exhalación). A modo de síntesis, se puede decir que el análisis del ritmo reconoce cuatro tipos de ritmos, que son:

- Arritmia (*Arrhythmia*): se refiere al conflicto o disonancia entre dos, o más ritmos, como podría ocurrir (biológicamente) en una persona enferma.
- Polirritmia (*Polyrhythmia*): se refiere a la coexistencia de dos o más ritmos, sin presentar el conflicto o disonancia que sugiere que la arritmia.

- Euritmia (*Eurhythmia*): se refiere a la interacción constructiva entre dos o más ritmos, como ocurre en las criaturas sanas;
- Isoritmia (*Isorhythmia*): se refiere a la asociación menos frecuente entre los ritmos, e implica su idéntica repetición, medida, y frecuencia.

La teoría del ritmo de Lefebvre tiene como objetivo no sólo fundar una nueva ciencia, sino que también sacar conclusiones prácticas. A pesar que es consciente de que aporta al análisis sólo los "elementos" de la teoría, tomando en consideración posibles aplicaciones prácticas.

Algunos elementos de esta teoría son los siguientes:

1.- La vida cotidiana contemporánea, de acuerdo a la rotación del reloj, está orientada a la cuantificación abstracta del tiempo. En Occidente, la invención del reloj de tiempo llevó a la introducción del tiempo abstracto. Su papel en la estructuración de la vida pública y privada ha sido decisivo. Ha proporcionado la medida para el trabajo, y secuenciar actividades de vida una después de la otra (dormir y despertar, comida, vida privada, la relación de los padres con sus hijos, el tiempo libre, el tiempo que se pasa en la casa, etc.). A pesar de la regla despiadada de la hora del reloj, los ritmos cósmicos siguen ejerciendo influencia en la vida cotidiana.

Antiguamente variados procesos colectivos, y también al interior del trabajo, fueron acompañados por los ritmos (frecuentemente canciones). Allí estaban las canciones de los remeros, los segadores, los pastores, y los marineros. Antiguos historiadores sociales, sin embargo, no dan cuenta de la existencia de ritmos en la vida colectiva de la sociedad, más allá de las del trabajo colectivo organizado.

2.- Se insiste en que el punto de partida del análisis del ritmo es el cuerpo. Pero no el cuerpo anatómico o funcional, sino más bien el cuerpo poli-rítmico, eu-rítmico, el cuerpo en su estado normal. En un cuerpo "normal" los innumerables ritmos forman una armonía asombrosa, una iso-ritmia. Debe haber un agente coordinador de los ritmos diferentes, así el cuerpo humano se puede comparar con una música sinfónica. En una orquesta, la magia de la batuta del director impone su ritmo. El cuerpo humano (como una orquesta) produce una iso-rimía de un modo enigmático. Actualmente se habla de la glándula pineal, un grupo relativamente pequeño de células en el cerebro que determina el ritmo diario. Actuando como un "conductor", este armoniza los diferentes ritmos de los órganos.

3.- Lefebvre también incluye la cronobiología en su concepto del ritmo. La cronobiología enseña que prácticamente todas las actividades metabólicas proceden de acuerdo a una ritmicidad definida. Estas actividades aumentan y disminuyen en el transcurso de veinticuatro horas. Las del hígado, riñones, bazo, corazón, presión arterial, y las funciones corporales están ajustadas al día de veinticuatro horas; un temporizador externo sincroniza las distintas funciones fisiológicas. Cada órgano ha adquirido una autonomía rítmica determinada a través de su evolución, su propio reloj genético que sigue un ritmo aproximadamente de veinticuatro horas. Invariablemente, los procesos recurrentes que difícilmente cambian de día en día se llaman ritmos circadianos. Aparte de ellos, también hay ritmos lunares: por ejemplo, el ciclo menstrual, o la piel, que se renueva por completo en el curso de un mes. En total son cuatro las frecuencias que se repiten periódicamente e influyen en los procesos de la naturaleza y la vida, estos son: las mareas, la alternancia de día y de noche, la rotación de la Luna alrededor de la tierra, y las estaciones. La cronobiología ve el cuerpo como un ritmo complejo basado en órganos. Lefebvre, interesado como estaba en la cronobiología, ve cómo el cada vez mayor trabajo nocturno va en contra de los ritmos biológicos circadianos. La vida determinada por la tecnología borra las estructuras naturales de tiempo cada

vez de forma más decisiva. Un número creciente de trabajadores viven en contra de sus ritmos biológicos internos, debido a los procesos de trabajo contemporáneos organizados durante todo el día. Incluso un simple ritmo, por ejemplo, la ingesta diaria de alimentos depende de varios factores modeladores. Los niños necesitan años para acostumbrarse a la regularidad de los tiempos de comida de la familia.

Cuando el organismo humano existe en equilibrio, los ritmos de diversas partes del cuerpo fluyen de forma interactiva. Por lo tanto, Lefebvre designa al cuerpo humano como un "paquete o un ramo" de ritmos. Análogamente, un paquete o ramo de ritmos penetran en el cuerpo desde el exterior (medio ambiente). Para describir esta complejidad de los ritmos que se superponen unos a otros (en particular, la imposibilidad de aislar un solo ritmo de los otros), Lefebvre y Régulier hacen una comparación con el juego de las olas del mar.

En el capítulo "Vista desde la ventana", Lefebvre, el analista del ritmo, no se mueve más que de lo abstracto a lo concreto. En una visión fenomenológica, captura los ritmos de vida de la calle, que se puede observar desde las ventanas de su apartamento. Él vivía en una calle de París, cuyo entorno está cargado de tradición (los Archivos Nacionales, el Hotel de Ville, la sede del Banco de Francia, etc.). La pregunta que se hace es ¿Cómo estos ritmos se entrecruzan y superponen en esta calle?

*"A fin de captar y analizar los ritmos, es necesario salir a la calle, pero no del todo....".*

Esta sentencia abre el análisis del ritmo de la *rue Rambuteau* de París. La situación del observador en relación a lo que es, se mantiene constantemente en la mente. La ventana que da a la calle no es un lugar abstracto, desde donde el ojo mental podría, por decirlo así, en abstracto comprender lo que está sucediendo en la calle. Es un lugar real que no sólo permite ir a lugares de interés, sino que conduce a ideas. El observador está implicado en lo que está sucediendo en la calle. *"Para comprender un ritmo es necesario haber sido captado por él"*.

No sólo los vehículos que utilizan la calle producen ritmos, ya que las personas también producen ritmos variados, con su ir y venir de forma cíclica, alternada, y arrítmica. Grupos de personas que aparecen a diario, con regularidad, y al mismo tiempo producen ritmos lentos y cíclicos (los niños que van a la escuela, los residentes que se saludan en la calle, los compradores y los turistas que llegan con regularidad a partir de un momento en adelante). Así, los ritmos alternados se mezclan con los ritmos cíclicos. La interacción de estos ritmos variados, repetitivo, y la alternancia, conforman la animación de la calle o del barrio. La combinación de los ritmos cambia en la noche en relación al día.

Lefebvre y su esposa Catherine Regulier son co-autores de un tratado relativamente largo titulado "Los intentos de Rhythmanalysis de Ciudades del Mediterráneo." Ellos hacen el análisis del ritmo entrecruzando las calles de una gran ciudad mediterránea (Barcelona, Beirut, Nápoles, Marsella o Túnez, por ejemplo). Desarrollan un análisis de los ritmos más receptivos al tiempo que al espacio. Distinguen el tiempo cósmico, el tiempo cotidiano, el tiempo de las actividades, y además prestan atención a las interferencias entre ritmos de tiempo. El ritmo cíclico y lineal los utiliza para escuchar la música que la ciudad toca, para comprender su composición.

Lefebvre y Regulier introducen una observación comparativa bastante profunda asociando el ritmo de los distintos mares al comportamiento cotidiano de las ciudades.

Así clasifican las ciudades en dos tipos, las ciudades oceánicas que están sujetas a ritmos cósmicos de las mareas, mientras que las ciudades del Mediterráneo están situadas en las orillas de un mar que apenas conoce flujo y reflujo. Las ciudades del océano son lunares (la luna es la responsable del movimiento del mar). Las ciudades en la vecindad del Mediterráneo son ciudades solares. Igualmente diferentes son las formas sociales y políticas. Las ciudades del Mediterráneo, originaria de la ciudad-estado, tienen una vida urbana más intensa que las ciudades lunares, que son más reguladas, pero no por ello más limitada a las formas abstractas de vida de comunidad. Se aprecia que en las ciudades oceánicas las relaciones sociales descansan más sobre una base contractual-legal, que en la buena fe mutua. En las ciudades del Mediterráneo cuenta la alianza tácita o explícita.

***En síntesis,** Lefebvre analiza la calle y las ciudades mediterráneas con el fin de ejemplificar la aplicación de su teoría de los ritmos cíclicos y lineales (y sobre todo sus interferencias), más que hacer un estudio profundo de calles y ciudades. Sin embargo, plantea una visión orgánica de la ciudad, en torno a los ritmos, que si bien no desarrolla (en el sentido de conceptualizar sobre los órganos que rigen la ciudad) es bastante más coherente e integral que los actuales estudios de enfoque orgánico de ciudades (Samaniego, 2008).*

*Pero lo más importante, en términos de la tesis doctoral, es que plantea la idea (aunque con otra terminología) del funcionamiento de las actividades y de los individuos en la ciudad. Plantea esta relación como una unión indisoluble, donde se armonizan o des-armonizan los ritmos individuales con los ritmos urbanos, en base a sus movimientos, velocidades y frecuencias. Lo anterior es coherente (en forma y en fondo) con la definición establecida para la funcionalidad urbana.*

### *3.2.2.2.- Los paradigmas de entendimiento de la relación entre estructura urbana y transporte, de lo causal a lo dialéctico*

El entendimiento de la relación entre transporte y estructura urbana (territorio) ha sido razón de análisis de un sinnúmero de estudio e investigaciones. Sin embargo, en la mayoría de los estudios no se hace un planteamiento explícito del cómo se entiende esta relación, ni de las consideraciones alternativas posibles.

En este sentido, Miralles (2002) en su trabajo "*ciudad y transporte un binomio imperfecto*" hace un desarrollo exhaustivo de esta temática a nivel conceptual, convirtiéndose su trabajo en una base seria de sustento teórico al respecto. En su desarrollo, Miralles plantea dos enfoques o paradigmas de entendimiento de la relación entre estructura urbana y transporte, siendo el primero el paradigma de la causalidad (o relación unidireccional, determinista) en el cual ya sea o el transporte, o la estructura urbana determina, condiciona, y configura al otro elemento. El segundo paradigma de entendimiento, es lo que denomina dialéctico, en donde se entiende una causalidad sucesiva en el tiempo y espacio, que se plasma bajo el concepto de congruencia desarrollado por Offner (2000).

Por causalidad se debe entender que, en un sentido, la estructura de actividades en la ciudad es la que induce la movilidad y carga la red de transporte e infraestructura. En el otro sentido sería que la red de transporte e infraestructura de desplazamiento la que determina la estructura espacial de las actividades en la ciudad. Lo expuesto es un paradigma de causalidad, es decir, una relación determinista unidireccional.

Las bases conceptuales construidas en base al paradigma de la causalidad, ya sea en un sentido o en otro, originan la “urbanística” y la “transportística” (Miralles, 2002). La primera se ocupa de la estructura física de la ciudad que produce la demanda de movilidad, y la segunda se ocupa de la oferta de transporte para soportar cierta demanda o movilidad.

Las críticas a este paradigma han surgido principalmente desde la filosofía, sociología, y geografía, que estudian cómo la tecnología se enmarca en los comportamientos sociales, y específicamente cuando se enfrentan al problema de la dimensión espacial en las estructuras sociales. En este sentido han surgido estudios minuciosos de demostración que el transporte y la tecnología no determinan la localización (no se producen transformaciones espaciales), y viceversa (Governa, 2007), argumentando otras dimensiones ausentes en los análisis.

A pesar de estos trabajos críticos, no se ha logrado incidir en los estudios de transporte urbano. Son escasos los trabajos que no se basan en análisis causal, además que la dimensión política los ha reconocido como lo que son, un instrumento eficaz, científico, y claro. A pesar de esto, que efectivamente es así, es un enfoque parcial, orientado a resolver con infraestructura el funcionamiento alterado por la congestión en las ciudades.

De los desarrollos reaccionarios, uno de los más interesantes desde el enfoque de esta tesis, es el que plantea la necesidad de adoptar un enfoque dialéctico en su entendimiento. Semánticamente la palabra dialéctica tiene variadas acepciones. En el caso de la relación ciudad-transporte se aplica la definición de Hegel (1808). Este filósofo se enfrentó al problema del ¿cómo entender racionalmente que una cosa pueda cambiar de apariencia y seguir siendo la misma cosa? Hegel concibe la realidad como *formada por opuestos que, en el conflicto inevitable que surge, engendran nuevos conceptos que, en contacto con la realidad, entran en contraposición siempre con algo. Este esquema es el que permite explicar el cambio manteniendo la identidad de cada elemento, a pesar de que el conjunto haya cambiado*<sup>3</sup>. Lo anterior se refiere a que existe una relación circular entre la ciudad y el transporte que se retroalimenta en forma continua, para lograr la evolución de ambos a la vez. Dicho de otra forma, una causalidad circular, flexible y dinámica en tiempo y espacio, que perdura.

Offner (2000) apuesta por el concepto de “congruencia” de donde surge la idea de una homologación cultural en el ámbito de la relación transporte-territorio. Este concepto, fruto de la incorporación de un nuevo paradigma en relación con los análisis de transporte y del territorio, da paso de la relación causal a un modelo de adaptación recíproca, de un proceso dialéctico que puede ejemplificarse por medio de algunas situaciones reales, por ejemplo los transportes colectivos urbanos de infraestructura fija no valorizan ni desvalorizan por sí mismos el centro de las ciudades, pero constituyen uno de los elementos en el contexto europeo que crean centralidad urbana.

La congruencia entendida como la coherencia entre las dinámicas del sector transporte y las dinámicas territoriales, pueden contribuir a una mejor comprensión del pasado, y a tener una preparación para el futuro.

Pero abandonar un paradigma no es cosa simple, pues se requieren algún factor des-estructurante para inducir alguna reflexión profunda, que genere el convencimiento de primero re- visar, y luego re-crear una línea de conocimiento. Se trata de rehuir la omnipresente y persistente metodología de las ciencias físicas

---

<sup>3</sup> definición encontrada en Wikipedia



en los estudios de transporte donde el análisis se contextualiza en un sistema cerrado y las condiciones dadas se reproducen de manera constante y permanente, y adoptar las metodologías de las ciencias sociales, cuyos sistemas son abiertos, fruto de acciones individuales o colectivas deliberadas, que difícilmente tiene lugar en las mismas condiciones. Esta nueva apuesta metodológica impone que la relación transporte y territorio debe insertarse en las dimensiones espaciales y temporales, eso obligara a incorporar una reflexión sobre desfases temporales y ritmos diferenciados a corto y largo plazo, e introducir ámbitos territoriales desiguales y complementarios entre una coherencia macro geográfica y las especificidades locales (Miralles, 2002).

La postura de la congruencia finalmente construye una imagen de la interacción espacial, que por la complejidad de combinaciones de factores, no es ni reconducible ni reducible a un modelo teórico (ob.cit.). Lo anterior induce a una potencial incapacidad metodológica tanto para su verificación, como para su predicción.

Pero, cómo se presentó en la revisión del estado del arte, el cambio de paradigma en la modelación de demanda transporte (pasando del enfoque de viajes al de actividades), muestra una clara tendencia en la línea de la congruencia dialéctica.

*En síntesis, la lucha paradigmática en este tema lo que hace es poner en referencia una visión integrada (no causal) de la relación entre el transporte y estructura urbana, en donde se incluyen mutuamente una a la otra.*

*Pero, para la presente tesis es necesario realzar al territorio o la estructura urbana, en relación al transporte. Lo anterior en el entendido que el transporte no es un elemento aislado en el análisis territorial, por lo que es un error hablar de transporte sin la indisoluble asociación a la actividad para la cual se realiza el transporte. Por lo anterior, al hablar de ciudad hablamos de actividades, y al hablar de actividades (y entre muchas otras cosas) hablamos de transporte.*

*Si bien la visión anterior no deja de ser dialéctica y congruente, se incorpora la jerárquica en el análisis, abandonando el paralelismo que propone el paradigma dialéctico o congruencial del transporte y el territorio.*

### 3.2.3.- Base técnica

Con todo lo expuesto, se ha elaborado la siguiente base técnico-operacional de entendimiento, y por sobre todo de cuantificación de la funcionalidad urbana.

Tomando como antecedentes los siguientes elementos

- La aproximación espacio-tiempo del comportamiento individual de la geografía del tiempo.
- El análisis de la cadena de actividades desarrollada por los individuos en la ciudad (plantada con fuerza en la geografía del tiempo y en los modelos de demanda de transporte basados en actividades, y en una microescala en los estudios de uso del tiempo).
- El carácter multidimensional de la accesibilidad.
- El enfoque de análisis de ritmos en la ciudad.

Se pueden plantear los siguientes principios estructurantes de la funcionalidad urbana.

1.- Reconocer que cada persona desarrolla una secuencia (o cadena) de actividades a lo largo del día, en la que para cada actividad se resuelve de manera conjunta e indisoluble la acción de acceder (a donde se desarrolla la actividad), y el desarrollar la actividad.

La secuencia de actividades (en la cadena) responde a las necesidades propias de la persona, y se construye recogiendo las distintas restricciones (de capacidad, de acoplamiento, y de autoridad) que se presentan para el conjunto de actividades (y no de forma aislada).

La persona con su comportamiento generan y transportan externalidades y efectos al desarrollar las distintas actividades de su cadena. Las dimensiones de estos efectos son múltiples, pero se pueden mencionar entre otros los efectos económicos, sociales, biológicos (epidemiológicos), y ambientales. Los efectos son acciones propias de las actividades, como por ejemplo ganancias directas por ventas, uso de espacios de las actividades, requerimientos de empleados para atender clientes, etc. Mientras que las externalidades son situaciones que no son directamente producidas por la actividad (y que por ende no las puede controlar). Algunos ejemplos de externalidades serían coexistencia social, exposiciones biológicas (epidemiológicas), emisiones y exposiciones ambientales, demanda indirecta, etc.

La cadena de actividades representa el ritmo espacial-temporal de la persona en la ciudad.

2.- Es el esquema de la geografía del tiempo, y específicamente el recorrido espacio temporal el que permite atribuir/transferir el comportamiento y efectos de la cadena de actividades de la persona, a las actividades localizadas. Lo que se transfiere son los ritmos y parámetros de su utilización, referidos principalmente al acceso y al desarrollo. Y también se transfieren los efectos y externalidades antes mencionados.

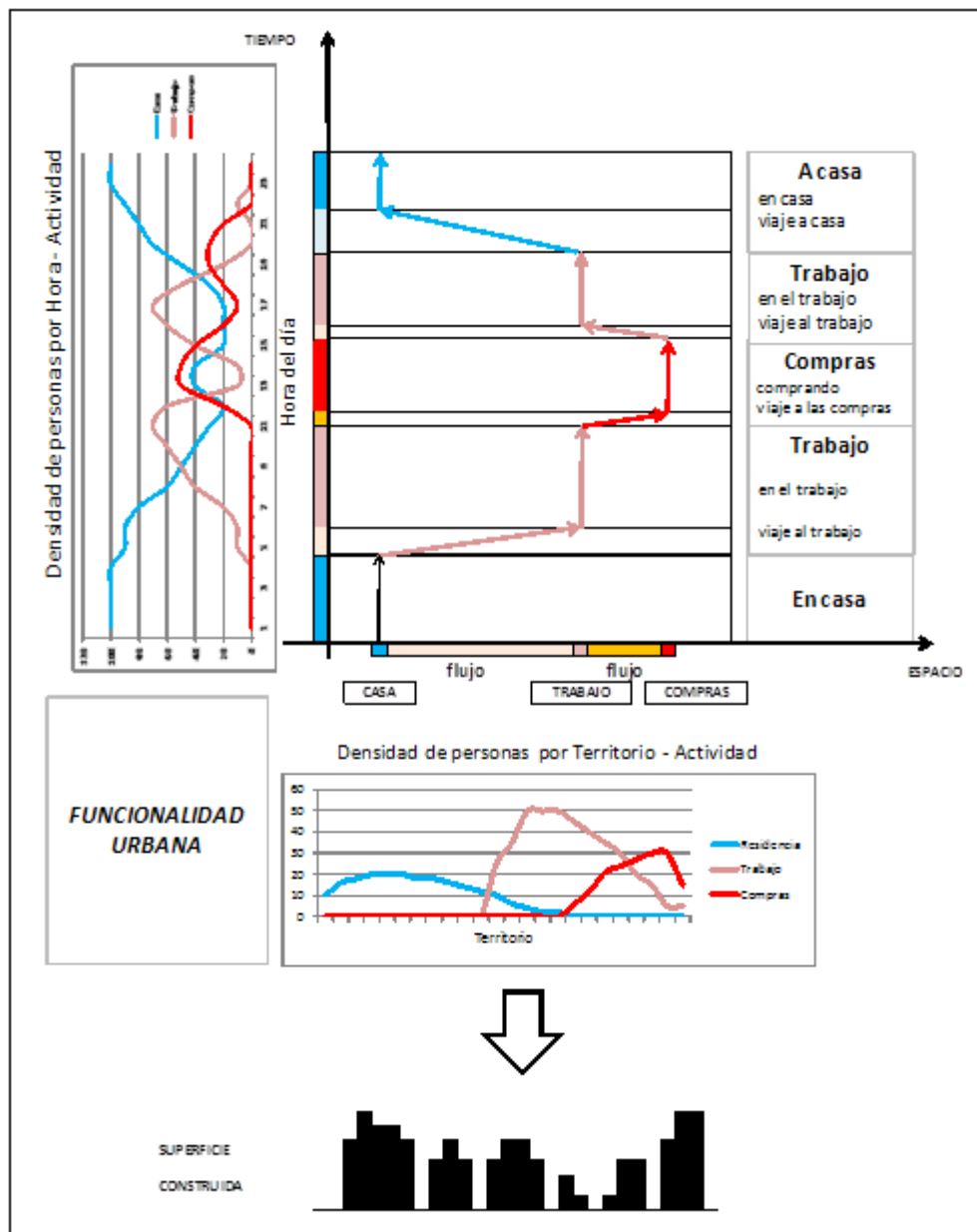
De lo anterior es que surge el término de la funcionalidad (o ritmos) de las actividades localizadas, otorgadas por el comportamiento de todas las personas que desarrollan dichas actividades.

3.- La consideración de todas las actividades a la vez, permite construir lo que se entenderá finalmente por funcionalidad (o ritmo) urbano, que en definitiva es la integración del comportamiento de las personas, que condiciona la funcionalidad de las actividades, las que finalmente se integran en el todo urbano.

4.- Tanto la funcionalidad de las personas, como la funcionalidad urbana, pasando por la funcionalidad de las actividades, descansan en la superficie construida para albergar las distintas actividades en la ciudad. Así surge el concepto de intensidad dinámica de uso del espacio.

En este punto queda determinada la funcionalidad urbana, como la integración de las funcionalidades de las actividades, generadas por el comportamiento de las personas. La funcionalidad urbana (integrada) puede ser analizada de forma diferencial según característica de los individuos (nivel socioeconómico, género, edad, etc.), o por tipo de día (laboral, no laboral). En la figura III.1 se esquematiza todo lo planteado en los puntos anteriores.

**Figura III.1.-** Esquema operacional de la funcionalidad urbana



Fuente: elaboración propia

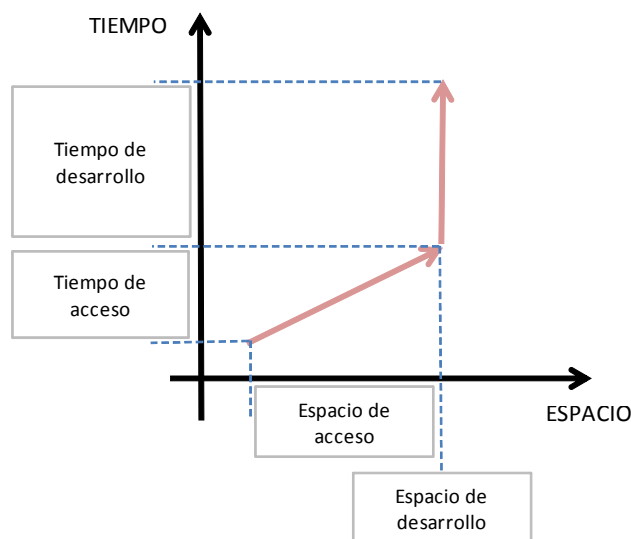
En la figura II.1 se presenta una cadena espacial-temporal de actividades, la que utiliza tiempos y espacios de flujos, y tiempos y espacios de desarrollo de la actividad (casa, trabajo, y compras). Al agregar el comportamiento de todas las personas, surge en el eje espacial, la intensidad (densidad) de personas que utilizan cada punto en el espacio, para el desarrollo de las distintas actividades. En el eje temporal surge la intensidad de personas que utilizan las distintas horas del día, en el desarrollo de las actividades. Es la integración de estas dos dimensiones lo que construye la funcionalidad urbana, que a su vez se lleva a cabo en el espacio construido en la ciudad. Es decir, el espacio construido está siendo afectado o utilizado en el tiempo, con diferente intensidad, y para diferentes actividades.

El planteamiento anterior, genera el requerimiento metodológico de poder caracterizar, para una muestra de cadenas de actividades cotidiana de personas, las siguientes dimensiones:

- El tiempo de acceso: que se refiere al tiempo destinado por la persona para acceder a la actividad.
- El tiempo de desarrollo, o duración: que es el tiempo que la persona destina para el desarrollo de la actividad (también conocido como la duración de la actividad).
- El espacio de acceso: que se refiere al espacio de la ciudad utilizado para acceder a la actividad. El espacio utilizado para acceder depende tanto del origen locacional de la persona, como del destino en donde se encuentra la actividad a ser visitada. En general estos son espacios de flujo, siendo la distancia una de las variables que caracteriza (en esta dimensión) la interacción.
- El espacio de desarrollo: que es el espacio en donde la persona lleva a cabo la actividad. Este espacio es donde la actividad se localiza, además de las características propias del espacio dispuesto para dicha actividad.

Estas son las dimensiones que caracterizan la funcionalidad de cada actividad (ya desarticulada de la cadena). Un esquema sintético de estas dimensiones se presenta en la figura III.2.

**Figura III.2.- Dimensiones de la funcionalidad de las actividades**



Fuente: elaboración propia

Así entendida la funcionalidad de una actividad, el concepto de retorno de una actividad pierde validez, ya que el retorno en definitiva es el acceso a otra actividad, que puede ser estar en casa o seguir trabajando, y que se comporta en relación a dicha actividad.

### III.3.- Base metodológica de la investigación

Dada la base conceptual construida en base a la revisión del estado del arte, es que se diseñó la metodología de estudio, con el fin de cumplir los objetivos que permitan verificar la hipótesis de investigación.

La aproximación técnica de entendimiento de la funcionalidad de las actividades sienta las bases de la metodología desarrollada en la tesis.

En este apartado primero se presenta el ámbito del estudio y la información disponible. Posteriormente se describe el procesamiento de la información para caracterizar la funcionalidad urbana. Finalmente se presenta la metodología específica seguida en el desarrollo de toda la investigación.

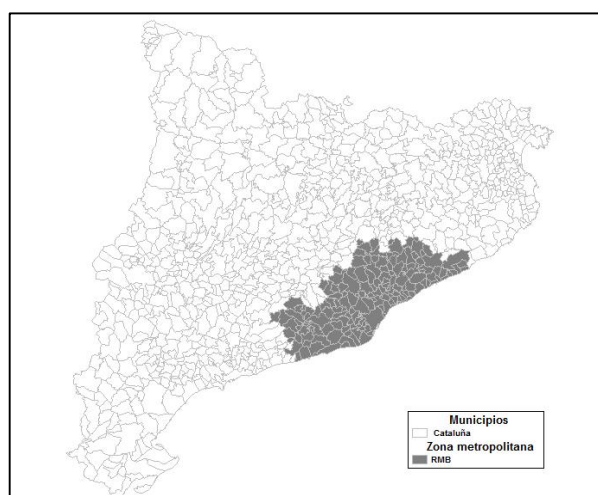
#### 3.3.1.- Área de estudio

Si bien ni la hipótesis, ni los objetivos antes mencionados se asocian a una ciudad específica, como ámbito de estudio se ha elegido la Región Metropolitana de Barcelona (en adelante RMB). Las razones de dicha elección se refieren principalmente a la disponibilidad de información, y a la existencia de un sinnúmero de estudios que permiten contraponer los resultados con otras dimensiones analíticas.

A lo anterior se suma el hecho que la RMB presenta una configuración espacial y funcional bastante particular, apoyada por políticas de fuerte presencia gubernamental tanto en la gestión del suelo, como en la operación de los sistemas de transporte.

En la figura III.3 se presente la situación geográfica del área de estudio.

**Figura III.3.- Situación geográfica del área de estudio a nivel de Cataluña**



Fuente: Elaboración propia

La comunidad autónoma de Cataluña se conforma de 945 municipios, de los cuales 164 de ellos pertenecen a la RMB. Dentro de estos se incluyen grandes municipios

como son Barcelona, Terrassa, Sabadell, Badalona, L'Hospitalet de Llobregat, Granollers, Mataró, etc. Es decir considera todo el núcleo urbano fuerte de la RMB así como los subcentros interiores de carácter industrial. Así también se considera la conurbación costera de mayor carga demográfica y de actividades logísticas.

En el capítulo IV (resultados de la investigación) se presentará en detalle la RMB.

### 3.3.2.- Información utilizada

La base conceptual construida requiere tres grandes fuentes de información. La primera se relaciona con información espacial y temporal de la cadena de actividades de la población. La segunda se relaciona con las actividades urbanas localizadas en la zona de estudio, siendo la tercera fuente la base de gestión geográfica de la información (cartografía digital y sistema de información geográfico).

Cada una de estas grandes fuentes presenta características y procedimientos de validación propios. A continuación se presentan las fuentes de información utilizadas, y los resultados de la validación de dicha información.

#### *3.3.2.1.- Información de cadena espacio-temporal de actividades de la población*

Como se ha planteado en el estado del arte, existen variados tipos de instrumentos que registran el comportamiento de la población respecto del uso del tiempo o del espacio. Para la RMB existen sólo algunas iniciativas de recolección sistemática de información de este tipo, dentro de las cuales se destacan dos. Una de ellas es la Encuesta de Condiciones de Vida y Hábitos de la Población de Cataluña (ECVHP). El objetivo de esta encuesta es recoger información sobre la renta y las condiciones de vida de una muestra de la población de Cataluña, que permite analizar la estructura y dinámicas sociales y económicas que se producen en distintas escalas territoriales, y especialmente en las áreas metropolitanas (Barcelona, Girona, Lleida, Manresa y Tarragona) de Cataluña. La información que recoge esta encuesta se refiere a la procedencia geográfica y lengua, nivel de estudios y formación, actividad y empleo, ingresos y renta, condiciones de la vivienda, movilidad residencial, uso y valoración del entorno residencial, relaciones sociales, y salud.

Los organismos responsables de la encuesta son; el Instituto de Estudios Regionales y Metropolitanos de Barcelona (IERMB), el Instituto de Estadística de Cataluña (IDESCAT), el Área Metropolitana de Barcelona (AMB), y la Diputación de Barcelona.

La segunda fuente que se destaca son las encuestas de movilidad cotidianas de la población de la RMB (en adelante EMQ). Las EMQ son una iniciativa de la Autoridad del Transporte Metropolitano (ATM), con el fin de conocer (en principio) quinquenalmente la movilidad de la población. Con este criterio, las distintas versiones de la encuesta han sido en los años 1996, 2001, y 2006. Las dos primeras han sido aplicadas a la RMB, mientras que la versión 2006 se amplió a toda Cataluña. Estas encuestas corresponden a las que se conoce en el ámbito del transporte como encuestas de viajes basadas en el hogar. El objetivo principal de estas encuestas es describir la movilidad cotidiana de las personas, poniendo atención a las etapas del viaje, al motivo del desplazamiento (actividad a ser desarrollada en el destino), al modo de transporte utilizado, a la distribución horaria y duración de los viajes, la estructura geográfica del viaje (origen y destino), y movilidad diferencial para distintos segmentos de la población.

Para las EMQ 2001 y 2006, también se recogieron dimensiones subjetivas referidas a las percepciones, predisposiciones, y valoraciones de la movilidad por parte de los usuarios.

A continuación se muestra en la tabla III.2 una comparación entre las distintas ediciones de la EMQ.

**Tabla III.2.- Cuadro comparativo de ediciones EMQ**

	<b>EMQ 1996</b>	<b>EMQ 2001</b>	<b>EMQ 2006</b>
Ámbito territorial	RMB	RMB ampliada	Cataluña
Universo	Población de 13 años y más	Población de 4 años y más	Población de 4 años i más
Población de referencia	3,7 millones	4.345.435	6.830.755
Número de entrevistas	26.457 personas	30.740 desplazamientos , y 12.427 de opinión	106.091 desplazamientos, y 69.361 de opinión
Instrumento de recogida de información	Cuaderno de viajes	Cuaderno de viajes	Encuesta telefónica
Movilidad recogida	Total semanal	Total semanal	Día anterior a la entrevista
Trabajo de campo	Desde la última semana de marzo hasta final de mayo 1996	1 octubre – 15 diciembre 2001 15 enero – 15 febrero 2002	28 marzo – 2 junio 27 septiembre – 1 diciembre 2006

Fuente: Instituto de Estudios Regionales y Metropolitanos de Barcelona

En la tabla se aprecian diferencias significativas entre las versiones 2001 y 2006 de la encuesta, respecto de; 1) el formato de toma de datos (cuaderno de viaje el 2001, y encuesta telefónica en 2006), 2) el tamaño de las muestras (30 mil el 2001 y 106 mil el 2006), y 3) la movilidad recogida (total semana el 2001, y el día anterior el 2006). En principio se podría decir que son productos distintos los aplicados el año 2001 y el 2006.

Independiente de lo anterior, el autor cree, con base en su experiencia<sup>4</sup>, que las encuestas de movilidad cotidiana constituyen, actualmente, la mejor base de información para caracterizar el comportamiento espacio-temporal de las personas, si bien no exentas de distinto tipo de limitaciones (Delfino, 2009).

Las ventajas que presentan estas encuestas para la investigación se pueden resumir en los siguientes puntos: 1) en general, éstas tienen una representación estadística de todas las áreas de la ciudad, ya que se utilizan en estudios estratégicos de transporte (para definir políticas de inversión), por lo que se impone como condición tener buena representación espacial de la movilidad, 2) muchas áreas metropolitanas disponen de sendas encuestas, y sobre todo las que han implementado distintos estudios de transporte en el tiempo, por lo que la metodología se puede replicar en otras ciudades, y para distintos años, y 3) son encuestas que recogen variada información, que para los fines de los estudios de transporte, no tienen relevancia, por lo que en general son grandes inversiones económicas que se encuentran subutilizadas, siendo que su aplicabilidad a estudios urbanos es alta.

Es por lo antes expuesto que se decidió tomar estas encuestas (específicamente las EMQ 2001 y EMQ 2006), como base de información para caracterizar el

<sup>4</sup> Esta fuente de información se ha utilizado en estudios preliminares aplicados a Barcelona y Santiago de Chile (Cerde y Marmolejo, 2010); y Barcelona (Marmolejo y Cerda, 2012).



comportamiento espacio temporal de la población, en el desarrollo cotidiano de sus actividades. La EMQ 1996 se desechó dado que se centró preferentemente en la movilidad de trabajo, considerando los otros motivos con menor rigurosidad.

Como se menciona antes, la orientación de las encuesta EMQ es hacia los viajes, por lo que su utilización para caracterizar la secuencia de actividades en tiempo y espacio de los viajeros generó los dos aspectos principales de validación de la información, que tienen que ver con 1) validar para cada viajero la secuencia de las horas en la cadena de actividades (hora de salida, hora de llegada, o duración del viaje), y 2) validar la secuencia de las zonas geográficas desde donde sale y a donde llega todos los viajes de la cadena cotidiana.

Los errores que se presentan en las secuencias horarias tienen que ver con que la hora de inicio de un viaje es anterior a la hora de finalización del viaje anterior (secuencia de tiempo), o simplemente que no existe la información de alguna de las horas que caracterizan el viaje.

Los errores en las secuencias espaciales tienen relación con el error de codificación entre el destino de un viaje y el origen del viaje siguiente, es decir, no coincide la zona de llegada con la zona de salida del siguiente viaje. Y también con la no existencia de alguno de los datos.

Un tercer criterio de validación fue la codificación (existencia o coherencia con las categorías definidas) de las características del motivo y el modo del viaje, el nivel educacional del viajero, y finalmente la edad.

Luego de aplicar estos criterios de validación, en la tabla III.3 se presentan los porcentajes de pérdida de información en cada encuesta.

**Tabla III.3.- Resultados de la validación temporal-espacial de las EMQ utilizadas**

	EMQ 2001	EMQ 2006
% de viajes con problemas en la secuencia de tiempos	0,60	0,09
% de viajes con problemas en la secuencia de zonas	20,30	0,28
% de viajes con ambos problemas	0,53	0,00
Total de viajes en la base	49.844.307	27.372.798
<b>% viajes con información válida</b>	<b>78,57</b>	<b>99,63</b>

Fuente: elaboración propia

De la tabla III.3 se observa que solo 78,6% de las observaciones del año 2001 son utilizables, pues cumplen con todas las condiciones exigidas para el análisis. Cabe mencionar que cualquier problema que invalidase un viaje, eliminaba de forma automática toda la cadena de viajes de la persona. El porcentaje de registros válidos aumenta significativamente para la encuesta del año 2006.

Para las bases validadas, fue necesario estandarizar las categorías de respuestas consultadas en ambas encuestas. En la tabla III.4 se muestran las correspondencias y agrupaciones definidas para las distintas categorías consideradas en cada EMQ.

**Tabla III.4.- Correspondencias entre categorías de respuestas EMQ 2001 y 2006**

		Motivos de viaje	
EMQ 2001		EMQ 2006	
Categoría	Descripción	Código	Descripción
A casa	1 Casa/Domicili	1	Tornada a casa, domicili
Al trabajo	2 Treball	2	La feina
	8 Gestions treball	10	Gestions de treball
Al estudio	3 Estudis	3	L'escola, universitat
		4	Activitats de formació complementària o no reglada
A compras	4 Compres	5	Compres quotidians
		6	Compres ocasionals o no quotidians
Sanitaria	5 Metge/Hospital	7	Metge,CAP, proves diagnòstiques, recuperacions
	9 Gestions personals	11	Gestions personals
Social	6 Visita amic/familiar	8	Visita a família o amistats
	7 Acompanyar persones	9	Acompanyar a altres persones
Ocio y recreación	10 Oci, diversió, etc.	12	Àpat no d'oci (dinar...)
	11 Dinar/sopar	13	Pràctica d'activitats esportives
		14	Activitats culturals (museus, conferències, cinema, teatre...)
		15	Altres activitats d'oci (restauració, activitats lúdiques...)
		16	Passeig
Otro, sin destino fijo	12 Sense destinació fixa	17	Tornada a segona residència
	13 Segona residència	18	Tornada a hotel
	14 No indica	19	Tornada a domicili d'altre
		20	Anar a missa/església
		21	A l'hort/corral de bestiar
		22	Anar al cementiri/tanatori
		23	Anar a votar
		98	D'Altres desplaçaments
		99	NS/NC

		Modos de viaje	
EMQ 2001		EMQ 2006	
Categoría	Descripción	Código	Descripción
A pie	1 Peu	0	Peu <= 5 minuts
		1	Peu >5 minuts
Bicicleta	2 Bicicleta	19	Bicicleta
Autobus	6 Autobus	2	Autobús urbà
		8	Autobús empresa
		9	Autobús escolar
		10	Autocar (excursions)
		3	Autobús interurbà
Metro	7 Metro	4	Metro
		5	Tramvia
Ferrocarril	8 FGC	6	FGC
	9 Renfe	7	Rodalies Renfe
		12	Tren regional/llarg recorregut
Taxi	5 taxi	11	Taxi
Coche	4 Veh. privat	15	Cotxe com a conductor
		16	Cotxe com a acompanyant
		17	Moto com a conductor
		18	Moto com a acompanyant
Otro	3 Altres	22	NS/NC
		13	Avió
		14	Altres transport públic
		20	Furgoneta/camió
		21	Altres vehicle privat

		Nivel de estudios	
EMQ 2001		EMQ 2006	
Categoría	Descripción	Código	Descripción
Grupo bajo	1 NO SAP LLEGIR/ESCRURE	1	Sense estudis
	2 MENOS DE 5 ANYS D'ESCOLA	2	Estudis primaris acabats
	3 MES DE 5 ANYS D'ESCOLA		
Grupo medio	4 EGB/GRADUAT ESCOLAR/...	3	Estudis secundaris acabats
	5 BATXILLERAT SUPERIOR/BUP/...		
	6 FPI/FP GRAU MITJA/...		
	7 FPI/FP GRAU SUPERIOR		
Grupo alto	8 DIPLOMATURA/INGENYERIA TECNICA/...	4	Estudis universitaris acabats
	9 LLICENCIATURA/ARQUITECTURA/...		
	10 DOCTORAT		
	99 NO INDICA	9	NO HO SAP, NO CONTESTA
	0 MENORS DE 16 ANYS	5	ALTRES (ESPECIFICAR)

Fuente: elaboración propia en base a antecedentes de las encuestas

En la presente tesis, se consideraron las personas mayores de 16 años, debido a su relativa autonomía de movimiento en el desarrollo de la cadena de actividades. También los 16 años coinciden con las categorías de nivel educacional.

Las primeras caracterizaciones (totalizaciones) de las bases validadas, generaron una importante duda sobre lo comparables que podrían ser las encuestas entre sí, antes de ser validadas, y con mayor razón, luego de la validación. Para clarificar esta duda se analizaron las bases sin validar, y luego de ser validadas. Los resultados se muestran en la tabla III.5, en donde se muestran los totales de viajes semanales y por día (laboral y no laboral), la estructura (porcentajes de viajes) según propósito y modo de viaje, y los tiempos medios de viaje.

**Tabla III.5.- Análisis de coherencia pre y post validación de encuestas EMQ 2001 y 2006, RMB**

Base original		2001	2006	var %	Base validada		2001	2006	var %
DESPLAZAMIENTOS	SEMANA	42.864.126	89.364.919	108,5			29.039.918	83.457.220	187,4
	DIA LABORAL	7.021.144	13.925.073	98,3			4.846.963	13.194.878	172,2
	DIA NO LABORAL	3.879.203	9.869.777	154,4			2.402.552	8.741.415	263,8
MOTIVOS (%)	A CASA	47,7	46,0	-1,7			47,8	44,8	-2,9
	OCUPACIONAL	28,0	16,0	-12,0			26,7	16,0	-10,7
	PERSONAL	24,3	38,0	13,7			25,5	39,2	13,6
MODOS (%)	PIE	38,2	45,0	6,8			33,4	45,5	12,1
	TPUB	25,4	15,5	-9,9			33,6	16,7	-16,9
	TPRIV	36,5	39,5	3,0			32,4	37,8	5,5
TIEMPOS MEDIOS (min)	TOTAL	26,4	23,3	-11,9			25,4	20,9	-17,8

Fuente: Bases de datos entregadas por la ATM. EMQ 2001 y 2006

Personas > 16 años

Analizando los valores de las bases originales (los cuales coinciden con los reportes oficiales de ambas encuestas), se aprecia que en término de valores absolutos, los crecimientos tanto de los viajes semanales como por tipo de día son significativamente altos (en promedio aumentan un 120%), lo que no tiene comparación con otros indicadores de crecimiento de la RMB en este período.

El efecto que ejerce la validación, que causa pérdidas diferenciadas de información, aumenta aun más los porcentajes de variación de las cantidades absolutas, llegando a crecimientos del doble de los registrados en las bases originales (promedio de 207%).

Analizando las participaciones en propósitos y modos, las diferencias que se observan entre encuestas son de menor magnitud, y además, las muestras validadas originan variaciones muy similares a las registradas en las bases originales.

Lo expuesto reafirma lo planteado anteriormente, en el sentido que las encuesta del año 2001 y 2006 son dos productos distintos, cuyos resultados no son comparables en términos de absolutos, y queda la duda para indicadores relativos. Si bien no se conoce la causa de esta diferencia, puede ser una explicación el cambio del método de recogida de información, y el consecuente efecto en los factores de expansión.

La situación presentada generó una estrategia de investigación basada en análisis por separado para cada año, y obligo la construcción de indicadores preferentemente relativos, es decir, referidos a los totales de cada año.

#### *3.3.2.2.- Información de actividades urbanas localizadas*

La información de actividades urbanas localizadas se obtuvo en dos fuentes principales, que son el Censo 2001, y la base de catastro (a nivel de locales) actualizada al año 2008.

Dado que el Censo disponible es sólo para el año 2001, y que el Censo del 2011 aún no se ha publicado, se descartó esta fuente de información.

De la base de catastro se dispuso de información de superficie construida para distintas categorías de actividades (propias de la base catastral). A continuación, la tabla III.6 muestra las actividades consideradas.

**Tabla III.6.- Categorías de suelo de la base de datos de catastro**

Residencia	Colectiva
	Unifamiliar
	Rural
Industria	Naves y almacenamiento
	Garajes y aparcamientos
	Servicios de transporte
Oficinas	Edificios exclusivos y mixtos
	Banca y seguros
Comercio	Locales, galerías, y edificio exclusivo
	Mercados y supermercados
Deportivo	
Espectáculo	
Ocio y hostelería	
Sanidad	
Cultural y religioso	Cultural con y sin residencia
	Religioso
Singular	Oficial e histórico
	Especiales

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó, la base contiene la información de construcciones, con sus detalles específicos, y además con el año de construcción. Con esta característica fue posible “des-construir” la ciudad y obtener así una la estructura de superficie construida por uso, para los años 2001 y 2006. El problema de este procesamiento es que, si bien el aumento de superficie (clasificada en cada categoría de uso) en el período 2001-2006 es real, lo que no es del todo cierto son los totales construidos para el año 2001, y 2006, pues falta lo que eventualmente se demolió o reclasificó en los distintos usos.

Una de las ventajas de esta base de datos es la resolución espacial de la información (finca o predio), lo que permite su agregación a cualquier unidad de análisis que se quiera utilizar.

### 3.3.2.3.- Información cartográfica y SIG

La información cartográfica utilizada tiene relación con:

1. La subdivisión censal (secciones censales), cuya fuente fue el Instituto De Estadística de Cataluña. A partir de esta base se construyó la cobertura de zonas de transporte (525 zonas para la RMB), con las correspondencias entregadas por la ATM para la EMQ 2006.
2. La subdivisión de catastro a nivel de manzana catastral, cuya fuente fue la Delegación Provincial de Catastro, de la Secretaría de Estado de Hacienda, del Ministerio de Hacienda y Administración Pública.
3. La red vial, cuya fuente fue la base TELEATLAS 2004.
4. Finalmente se utilizó otra fuente de información, que se refiere al suelo artificializado, proveniente de un procesamiento interno de la base de coberturas de suelo del Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF) de la Universidad de Barcelona.

En la presente tesis, por su orientación hacia la movilidad y actividades urbanas localizadas, se utilizó principalmente el programa TRANSCAD 5.0, como sistema de información geográfico, dado su amplia gama de herramientas de modelación de transporte y modelos econométricos. En el contexto de la econometría espacial, si bien no es formalmente un SIG, se utilizó la plataforma GEODA v10.

### 3.3.3.- Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se refiere al tratamiento previo que se le debe dar a la información ya validada, con el fin de poder calcular los indicadores, o aplicar los modelos, para la verificación de la hipótesis de investigación.

En el presente caso, la mayor complejidad la tuvo el procesamiento de las encuestas de viajes, ya que fue necesario construir un método de procesamiento, cuyos productos fueran los requeridos en la investigación.

Respecto del proceso que a continuación se expone, no se encontró referente en la literatura especializada en el tema, por lo que se considera como un subproducto interesante de esta tesis, en el sentido que los productos que se generan a partir de la encuesta de viajes pueden ser utilizados para una variada gama de otros estudios.

La problemática fundamental que se enfrentó fue la necesidad de pasar de una base de datos pensada en viajes, a una base de datos de actividades desarrolladas por las personas. Es por esto que la metodología seguida aplica un enfoque de cadena de viaje y de geografía del tiempo.

A continuación se describe el procesamiento de las encuestas de viajes, con el objetivo de obtener bases maestras para la construcción de los distintos indicadores cuantitativos de la funcionalidad urbana.

- El primero paso de procesamiento fue construir la cadena de viaje para cada viajero. Con dicha cadena de viajes se observa los períodos de no viaje, es decir, de desarrollo de actividades. Con esto se hacen dos cosas, siendo la primera atribuir a cada viaje el tiempo de desarrollo de la actividad en su destino. Lo segundo fue generar la secuencia de actividades desarrollada por cada individuo en una secuencia de intervalos regulares de tiempo, que en este caso fue cada media hora, es decir, la actividad que está desarrollando cada persona en cada media hora del día. Esta base se denomina secuencia de actividades, y se esquematiza en la figura III.4.

**Figura III.4.- Base de secuencia de actividades por viajero**

		Hora del día														
		0:00	0:30	1:00	1:30	..	..	..	..	..	..	..	..	23:00	23:30	24:00
Personas	1	A1	A1	A1	A1	A1	V	V	A2	V	A4	A4	...	A2	A1	A1
	2	A1	A1	A1	A1	V	A4	A4	A4	A4	A4	V	...	A1	A1	A1
	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
	...															
	...															
xx																
Ak		Actividad (1..n)														
T		Viaje														

Fuente: elaboración propia

- Con la base de secuencia de actividades se construye el **ritmo diario temporal**. Este término es utilizado en los estudios de usos del tiempo para caracterizar la muestra de individuos analizada, en términos del número de

personas que realizan que actividad a qué hora. Así, el ritmo diario es la distribución del número (o porcentaje) de personas en diferentes actividades, para cada media hora del día. El estar viajando se considera una actividad más.

- Con la base de secuencia de actividades también se construye el **ritmo diario espacial** de los habitantes en la ciudad, que no es otra cosa que la espacialización del ritmo temporal antes presentado. Dicho de otra forma, es la distribución en el tiempo y en el espacio (zonas de transporte) del número de personas en diferentes actividades. La información así generada sólo es válida si la encuesta de viajes en el hogar tiene buena representatividad espacial. La figura III.5 muestra un diagrama explicativo de los ritmos antes mencionados.

**Figura III.5.- Estructura de la base de ritmos diarios**

[illegible]

Fuente: elaboración propia

Donde Akit es el número de personas en la zona i, desarrollando la actividad k, a la hora t. Aki es el número de personas totales que llegan a la zona i, a desarrollar la actividad k en el día. Akt es el número de personas que desarrollan la actividad k a la hora t. Ak es el número de personas que llegan a desarrollar la actividad k en el día.

- Los procesamientos descritos se aplicaron de forma de diferenciar el tipo de día (laboral, no laboral), las actividades urbanas (trabajo, estudio, compras, actividad social, actividades personales, y actividades de ocio-recreación), y los diferentes grupos sociales (considerando las categorías de estudios antes presentadas, por lo que se trata de grupos socio-educativos). Como ya se mencionó, el procesamiento consideró sólo población mayor de 16 años.

Con las distintas bases de datos generadas del procesamiento de las encuestas de viajes EMQ, se da sustento para la construcción de los indicadores, y la aplicación de los métodos que se presentan a continuación.

### 3.3.4.- Metodología de cuantificación de la funcionalidad urbana

La funcionalidad urbana definida en la base conceptual de la tesis, se entiende compuesta por tres escalas interrelacionadas, que son la funcionalidad de las personas, la funcionalidad de las actividades, y la funcionalidad de la ciudad (o ritmo urbano). Cada una de estas funcionalidades utiliza métodos distintos de cuantificación, los que se presentan en los siguientes puntos.

Cabe recordar que las encuestas de viajes utilizadas no son comparables en términos absolutos. Por esta razón, los indicadores serán preferentemente relativos.

#### *3.3.4.1.- Caracterización de la funcionalidad de las personas, la cadena diaria de actividades*

La funcionalidad de las personas en la ciudad, corresponden a los ritmos diarios de utilización de tiempos y espacios en el desarrollo de todas las actividades cotidianas. Dicho esto, la cadena de actividades que desarrolla un individuo corresponde a la secuencia en tiempo y espacio de las actividades cotidianas.

La primera dimensión de caracterización de una cadena de actividades es el número de actividades que estas contienen, para cuyo análisis se construyeron histogramas de frecuencia.

La segunda dimensión se refiere a la estructura de las secuencias, las que se diferencian en:

- **Tour:** que corresponde a una cadena de más de tres actividades, en la cual las actividades que se desarrollan entre el inicio y el término no registra un retorno a la zona de inicio de la cadena.
- **Pendular:** que corresponde a una cadena, de dos o más actividades, que sí registra por lo menos un retorno a la zona de inicio, en el transcurso del desarrollo de la secuencia de actividades.

La tercera dimensión se refiere a la secuencia de actividades en las cadenas. Para analizar esto se consideraron las secuencias de actividades que tuviesen mayor participación estadística (frecuencia) en el total de cadenas analizadas.

Para analizar de forma más detallada la secuencia de actividades de las cadenas, se calculó la matriz de probabilidad de transición entre actividades, la que muestra la probabilidad de desarrollar una actividad luego de haber desarrollado otra actividad específica. La ecuación de cálculo y la estructura de la matriz son las siguientes:

$$Prob(A_i, A_j) = \frac{P(A_i, A_j)}{A_i} \quad (\text{ec } 1)$$

Actividad previa	Actividad					Total
	1	2	..	j	..	
1	$P(A_1, A_1)$	$P(A_1, A_2)$	..	$P(A_1, A_j)$	..	$A_1$
2	$P(A_2, A_1)$	$P(A_2, A_2)$	..	$P(A_2, A_j)$	..	$A_2$
...	..	..	..	..	..	..
i	$P(A_i, A_1)$	$P(A_i, A_2)$	..	$P(A_i, A_j)$	..	$A_i$
...	..	..	..	..	..	..
						<b>A</b>

Actividad previa	Actividad					Total
	1	2	..	j	..	
1	$Prob(A_1, A_1)$	$Prob(A_1, A_2)$	..	$Prob(A_1, A_j)$	..	1,0
2	$Prob(A_2, A_1)$	$Prob(A_2, A_2)$	..	$Prob(A_2, A_j)$	..	1,0
...	..	..	..	..	..	1,0
i	$Prob(A_i, A_1)$	$Prob(A_i, A_2)$	..	$Prob(A_i, A_j)$	..	1,0
...	..	..	..	..	..	1,0

Fuente: elaboración propia

Donde  $P(A_i, A_j)$  es el número de personas que desarrollan la actividad i antes que la actividad j, y  $A_i$  es el total de personas cuya actividad previa es la actividad i. Así construida, la matriz de probabilidad de transición suma 1 por fila.

Finalmente se caracterizaron los territorios en el área de estudio (zonas de transporte) en función del comportamiento de las cadenas de actividades que se generan en ellos<sup>5</sup>. Dicha caracterización se realizó con base en los siguientes indicadores:

- Distancia diaria recorrida (a través de la red vial disponible) en el desarrollo de todas las actividades incluidas en la cadena.
- Alejamiento diario máximo, respecto de la zona de origen de la cadena. Este alejamiento corresponde a la distancia euclídea entre la zona de origen, y la zona de destino más lejana visitada. Este indicador da cuenta de la amplitud máxima de alejamiento de la cadena que puede ser entendida como una distancia o área máxima de servicio (enfoque de prisma de Hägerstrand).
- Tiempo diario de viaje, que corresponde a la suma de todos los tiempos de viaje en el desarrollo de las actividades de la cadena.
- Duración, que corresponde a la suma de los tiempos utilizados en el desarrollo de las actividades fuera del hogar en la cadena.
- Velocidad media de las cadenas, que corresponde al promedio de las velocidades calculadas para cada cadena considerando el tiempo de viaje total y la distancia diaria recorrida.
- Partición modal de los tiempos de viaje diarios en los distintos modos de transporte, que corresponde a la proporción, en cada zona, de los tiempos viajados en cada modo de todas las cadenas. Esta proporción modal es distinta de la tradicionalmente utilizada en los estudios de transporte (viajes por modo), pero que a juicio del autor refleja de mejor forma la intensidad de uso del modo.

<sup>5</sup> Cabe mencionar que el análisis de las cadenas en los territorios da cuenta sólo de donde se origina las cadenas, ya que al ser los destinos múltiples, no se puede atribuir a uno sólo de ellos dichas características.



### 3.3.4.2.- Caracterización de la funcionalidad de las actividades

La metodología presentada en el punto anterior se refiere al análisis y caracterización de cadenas de actividades cotidianas, a su complementariedad, a su patrón de secuencia, y a la variabilidad de estas características en el territorio.

En este apartado se presenta la metodología de análisis de cada actividad por separado, con base en la conceptualización de reconocer dos componentes principales en la funcionalidad de las actividades, que son el acceso y su duración, ambos en su dimensión temporal y espacial.

La caracterización funcional de la actividad se realiza analizando tres grandes dimensiones. La primera tiene que ver con el comportamiento estadístico de parámetros funcionales de la actividad, en el sentido de representar las situaciones más probables que muestran las personas en el desarrollo de la actividad. Esta dimensión, por el hecho de referirse al comportamiento de una persona tipo, se denomina de funcionalidad individual de la actividad.

La segunda dimensión corresponde a la intensidad de las actividades en la utilización de las horas del día y del espacio, es decir, refleja el comportamiento agregado de las personas. Esta dimensión se denomina de funcionalidad agregada de la actividad.

Ambas dimensiones, individual y agregada, presentan una diferenciación espacial de sus valores, caracterizando así los distintos territorios. A continuación se describen los indicadores aplicados en cada dimensión.

#### **Indicadores de funcionalidad individual**

Para esta dimensión, los indicadores surgieron del análisis de las distribuciones estadísticas de las variables funcionales individuales. Estas variables se analizaron en base al comportamiento de los percentiles de la distribución, y específicamente de los percentiles 10, 25, 50, 75, y 90. Donde los percentiles 10 y 90 representan los valores estadísticamente más bajos y más altos respectivamente (que no están afectados a los sesgos de los valores máximos y mínimos). Los percentiles 25, 50, y 75, dan cuenta de los valores medio-bajo, medio, y medio alto respectivamente.

Las variables que caracterizan la funcionalidad individual de la actividad son las siguientes:

- Hora de inicio de la actividad: que corresponde al comportamiento estadístico de la hora en que comienza el viaje de acceso a la actividad (siendo coherente con la asociación inseparable de acceso-duración).
- Tiempo de viaje: que corresponde al comportamiento estadístico de los tiempos de viaje para acceder a la actividad.
- Duración: que corresponde al comportamiento estadístico del tiempo empleado por las personas en el desarrollo de la actividad. En el caso de la EMQ 2001 se contabilizó como la hora de salida del viaje a la siguiente actividad menos la hora de llegada del viaje de acceso a la actividad. En la EMQ 2006, esta información se consultó directamente al encuestado.

- Distancia recorrida: que corresponde al comportamiento estadístico de la distancia por red vial, entre el centroide de zona de destino en donde se desarrolla la actividad, y el centroide de la zona de origen del viaje.
- Velocidad media: que corresponde al comportamiento estadístico de la velocidad calculada con la distancia recorrida y el tiempo de viaje antes mencionados, de cada viaje.
- Partición modal del tiempo de acceso: que corresponde a la proporción del tiempo viajado en cada modo de transporte, de todas las personas que llegan a desarrollar la actividad.
- Probabilidad funcional

En rigor este no es un indicador, sino más bien es una forma de sintetizar el comportamiento temporal de las actividades analizadas. El carácter sintético lo adquiere en el momento que representa a todas las personas que desarrollan una determinada actividad, en un solo elemento que es la distribución de probabilidad.

En términos simples, se calcula la "*probabilidad de que una persona dedique cierta cantidad de tiempo, en el desarrollo completo de una determinada actividad*", entendiendo que el desarrollo completo de una actividad considera tanto el acceso, como de la duración. Es por lo anterior, que el término funcional se refiere a la forma de funcionamiento de una actividad, en término de los tiempos que se dedican a ella.

Dicho lo anterior, se pueden construir dos tipos de probabilidades funcionales. Las primeras son las probabilidades funcionales parciales, del acceso y del desarrollo (duración) de la actividad por separado. La segunda es la probabilidad funcional conjunta, la que representa la distribución de las condiciones conjuntas de tiempo de acceso y duración.

Ambos tipos de probabilidades funcionales son netamente empíricas, es decir, se construyen en base a datos observados de dedicación de tiempo. Y de cierta forma se pueden interpretar como una "preferencia" revelada a gastar tiempo y energía, a la que se puede asociar el concepto de utilidad parcial (del acceso y desarrollo por separado), y compuesta (acceso y desarrollo en conjunto).

El procedimiento de construcción de la probabilidad funcional parcial es común tanto para el tiempo de acceso como para la duración de la actividad, por lo que se explicará el procedimiento sólo para uno de ellos (el tiempo de acceso).

La probabilidad funcional del tiempo de acceso se construye como la distribución acumulada inversa de los tiempos de acceso a la actividad. Para construir la distribución de probabilidad de tiempos, se suman todos los viajes con propósito  $k$  (p.e.: trabajo, servicios sanitarios, educación, compras, etc.), con independencia de su origen y destino, que tardan un determinado tiempo  $t$  en realizarse, y luego se dividen entre el total de viajes (del propósito  $k$ ). Esto genera, por ejemplo, la proporción de todos los viajes a la actividad de compras, que tardan 10 minutos ( $P^{compras}_{10\text{ minutos}}$ ).

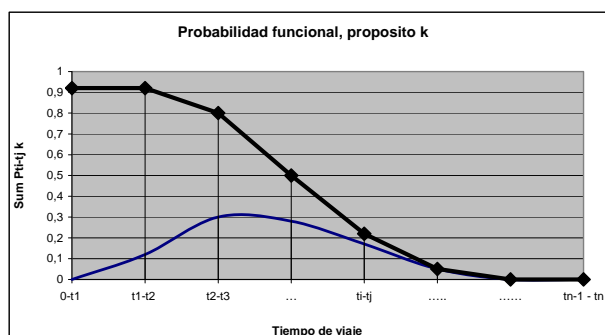
Así,  $P^k_t$  es la probabilidad de encontrar, entre todos los desplazamientos observados hacia la actividad  $k$ , aquellos que se realizan en un tiempo  $t$ .

Como se planteó antes, la probabilidad funcional de la duración es la misma distribución acumulada inversa de la distribución de duración de la actividad, la que se asocia a la "preferencia a gastar tiempo en el desarrollo de la actividad" en la ciudad. Para esto se suma, de forma acumulada, las proporciones desde el tiempo más largo hasta el menor.

Para mayor claridad, en la figura III.6 se muestra un esquema de cálculo.

**Figura III.6.-** Esquema de cálculo de la probabilidad funcional parcial

Intervalo de tiempo	Patron de movilidad del usuario, para el propósito k	Probabilidad funcional del usuario, para el propósito k
$t_1 - t_2$	$P_{t1,t2\ k}$	$P_{tn-1,tn\ k} + \dots + P_{ti,tj\ k} + \dots + P_{t2,t3\ k} + P_{t1,t2\ k} = 1.00$
$t_2 - t_3$	$P_{t2,t3\ k}$	$P_{tn-1,tn\ k} + \dots + P_{ti,tj\ k} + \dots + P_{t2,t3\ k}$
.....	...	$P_{tn-1,tn\ k} + \dots + P_{ti,tj\ k} + \dots$
$t_i - t_j$	$P_{ti,tj\ k}$	$P_{tn-1,tn\ k} + \dots + P_{ti,tj\ k}$
...	.....	$P_{tn-1,tn\ k} + \dots$
.....	.....	$P_{tn-1,tn\ k}$
$t_{n-1} - t_n$	$P_{tn-1,tn\ k}$	$P_{tn-1,tn\ k}$
TOTAL	1.00	



Fuente: Elaboración propia

La acumulación inversa que presenta la figura III.6 genera una curva que decae en la medida que el tiempo es mayor, lo que es coherente con el concepto de fricción del espacio, que en este caso es temporal. Esta situación no es directamente aplicable al tiempo de duración de la actividad.

Por otra parte, la probabilidad funcional conjunta da cuenta del comportamiento conjunto de tiempo de acceso y duración. Se calcula a partir de una matriz de doble entrada, en donde se computan la cantidad de personas que acceden en un tiempo determinado, para una determinada duración. En la figura III.7 se presenta un esquema que explica la forma de cálculo de la probabilidad conjunta.

**Figura III.7.-** Esquema de cálculo de la probabilidad funcional conjunta

	Tiempo de viaje (hr)				
Duración (hr)	1	.	j	.	m
1	V11/Max Vij		V1j/Max Vij		V1m/Max Vij
2	V21/Max Vij				
.					
.					
i	Vi1/Max Vij		Vij/Max Vij		Vim/Max Vij
.					
.					
.					
n	Vn1/Max Vij		Vnj/Max Vij		Vnm/Max Vij

Fuente: Elaboración propia

En la figura, los intervalos de tiempo de acceso van de 1 a m, y los intervalos de duración de 1 a n. V11 representa la cantidad de personas que demora un tiempo de acceso que corresponde al intervalo 1, y que la actividad tiene una duración que corresponde al intervalo 1. De todos los valores Vij se calcula el máximo, es decir, la combinación de tiempo de viaje i, y duración j, que tiene mayor frecuencia. Luego la probabilidad conjunta se calcula dividiendo el valor de cada celda por la máxima frecuencia antes mencionada, así se obtiene para cada celda un valor entre 0 y 1 en cada celda, en donde el 1 será la celda que contiene el valor máximo (que eventualmente pueden ser varias celdas), y todo el resto de los valores serán menores de 1, dando cuenta de la probabilidad de dicha combinación.

Esta matriz así construida indica que tan probable es una combinación determinada de tiempo de acceso y duración.

- Características funcionales de las actividades en los territorios. Al igual que en el caso de las cadenas de actividades, la caracterización de los territorios es con base en los indicadores antes mencionados, de los cuales sólo se presentan algunos de estos. Específicamente se presentan para cada zona, el tiempo promedio de acceso a la actividad, y la duración promedio de la actividad

### Indicadores de funcionalidad agregada

Como se mencionó anteriormente, esta dimensión analiza el comportamiento agregado de las personas en la utilización tanto de las horas del día, como de los espacios, y también la combinación de ambas.

A continuación se presentan los distintos indicadores aplicados, que son:

- Intensidad de la actividad: que corresponde al comportamiento del número de personas que desarrolla la actividad en cada hora del día, referida al total de personas que llegan en el día a desarrollar la actividad. El cálculo de este indicador está dado por la siguiente ecuación:

$$It = \frac{Akt}{Ak} * 100 \quad (\text{ec } 2)$$

Donde  $A_{kt}$  es el número de personas que desarrollan la actividad  $k$ , a la hora  $t$ .  $A_k$  es el número de personas que llegan en el día al área de estudio a desarrollar la actividad  $k$ . Finalmente este indicador se graficó con los valores de todas las horas del día.

- Diversidad social de la actividad: que corresponde al valor del indicador de diversidad estándar, aplicado a los grupos sociales analizados, para cada instante de tiempo, y para el total día. El índice de diversidad estándar tiene la siguiente ecuación

$$Divs = \frac{-(\sum_{k=1..n} P_k \ln(P_k))}{\ln(n)} \quad (ec\ 3)$$

Donde  $P_k$  es la proporción de personas en la categoría  $k$  desarrollando la actividad, donde la suma de todos  $P_k$  debe ser igual a 1,  $n$  es el número de categorías. El numerador de esta ecuación corresponde al conocido índice de diversidad de Shannon, el que al ser dividido por  $\ln(n)$  entrega un valor que va entre 0 y 1. Mientras más cercano a 0, quiere decir que una proporción predomina por sobre las restantes, y si es cercano a 1, indica que todas las proporciones son iguales, situación que se reconoce como diversidad.

En este caso se aplicó el índice a los grupos socio-educativos, que finalmente se agruparon en tres, siendo el grupo bajo las personas sin estudios o con estudios primarios. El grupo medio lo componen las personas con nivel de formación profesional, y el grupo alto las personas con nivel universitario.

- La intensidad territorial de la actividad. Esta dimensión de las actividades se calculó a través de dos indicadores. El primero da cuenta del comportamiento a lo largo del día, de la densidad de personas que desarrollan cada actividad, en cada zona de transporte. Esta densidad se calculó a partir del número de personas que en un instante dado desarrollan la actividad en el territorio, dividido por la superficie artificializada de la zona de transporte. Esta medida de intensidad da cuenta de la "carga" de visitas que tiene cada territorio, desarrollando una actividad específica. Como este valor se obtuvo para cada hora del día y para cada zona, se calculó el promedio de densidad entre las 9:00 y 21:00hrs, con el cual se caracterizó cada zona de transporte.

El otro indicador de intensidad espacial fue la densidad tiempo, definida y utilizada por Marmolejo (2012), que corresponde a la densidad de horas totales diarias, dedicadas a una actividad específica en cada zona de transporte (horas totales día en una actividad/hectáreas de suelo artificializado). Este indicador no presenta variación a lo largo del día.

Los indicadores presentados representan distintas dimensiones, ya que el primero se refiere a personas, mientras que el segundo se refiere a tiempo total dedicado a una actividad.

- Estructuración de protosistemas funcionales por actividad. Dada la pertinencia del método funcional utilizado por Roca (2011), se aplicó el método de detección de protosistemas con base en el valor de interacción para la matriz de interacciones totales (considerando día laboral y no laboral), de las distintas actividades analizadas. En este caso, el valor de interacción adaptado está dado por la siguiente ecuación:

$$V_{ijk} = \frac{F_{ijk}^2}{O_{k_i} * D_{k_j}} + \frac{F_{jik}^2}{O_{k_j} * D_{k_i}} \quad (\text{ec } 4)$$

donde  $i$  y  $j$  son las zonas de origen y de destino respectivamente,  $F_{ijk}$  es el flujo de personas que acceden a la actividad  $k$ , en la zona  $j$ , desde la zona  $i$ .  $O_{k_i}$  es la cantidad de personas que salen desde la zona  $i$ , a desarrollar la actividad  $k$ .  $D_{k_j}$  es la cantidad de personas que llega a la zona  $j$  a desarrollar la actividad  $k$ .

En este caso también se genera una matriz simétrica de valores de interacción entre zonas. Como se mencionó en el capítulo II, el valor de interacción es una suma de probabilidades, que iguala las asimetrías funcionales ( $i$  a  $j$ , y  $j$  a  $i$ ). Como tradicionalmente este indicador se ha aplicado a matrices residencia trabajo, la particularidad de generar relaciones bidireccionales se entiende en el sentido que dichas matrices no registran el retorno del trabajo (*commuting*).

A partir de la matriz de valores de interacción se generan los denominados protosistemas siguiendo el procedimiento reportada en el capítulo II, en el sentido de asociar funcionalmente todas las zonas en virtud de su máximo valor de interacción, conformando los protosistemas sólo cuando todas las zonas que lo componen tienen su máximo valor de interacción con otra zona del mismo protosistema. El criterio de contigüidad de las zonas no se aplicó, en este caso, debido a que; 1) este criterio se cumple en la medida que la unidad de observación es de escala de municipio, es decir, que existe la posibilidad de autosatisfacción de sus necesidades al interior de la zona de análisis, lo que no se cumple considerando unidades espaciales menores (zonas de transporte), y 2) el criterio de contigüidad en unidades espaciales menores que el municipio va en contra de la diversidad de modos de transporte utilizados en la interacción.

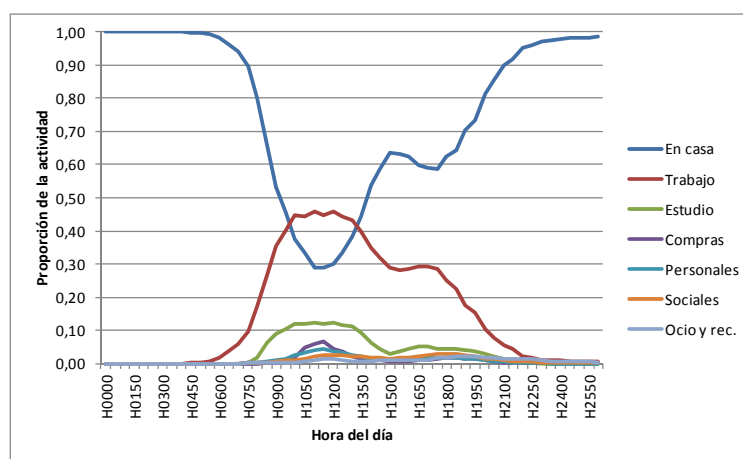
Finalmente se obtuvieron los sistemas locales de funcionalidad total diaria de cada actividad, los que se sintetizaron para la RMB en función de; 1) el número de protosistemas y el promedio de zonas por protosistema, 2) la densidad media de los protosistemas en personas por hectárea, 3) el porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema la que se calcula en función del número de zonas que agrupa el protosistema, y el número de estas zonas que son contiguas, así un 100% significa que todas las zonas del protosistema son contiguas, o mejor dicho, unidas espacialmente, y 4) la distancia euclídea media entre los centroides de las zonas incluidas en el protosistema.

#### 3.3.4.3.- Caracterización de la funcionalidad de la ciudad, ritmo urbano

El análisis del ritmo urbano se refiere al comportamiento a lo largo del día, y en el espacio, de la intensidad de todas las actividades que se desarrollan en la ciudad. Al considerar todas las actividades, este ritmo también se puede caracterizar en función de la diversidad de actividades desarrolladas en un instante, y de la diversidad social de dichas actividades.

El ritmo de las actividades de la ciudad (ritmo urbano) corresponde a la gráfica que indica, para cada instante, que proporción de la población está en cada actividad. Para un instante determinado, la suma de las proporciones por actividad es igual a 1. En la figura III.8 se muestra un ejemplo de la gráfica a la que se hace referencia.

**Figura III.8.-** Ejemplo de una gráfica de ritmo urbano



Fuente: Elaboración propia

Del análisis de la gráfica se pueden identificar las estructura de los máximos por actividad, y como varía en el tiempo. Por otra parte, para graficar el ritmo de las actividades se requiere las proporciones de cada una de ellas para cada instante. Con esta información se calculó la diversidad de actividades en la ciudad (para cada hora del día), con el mismo índice de diversidad estándar presentado anteriormente. Tanto el ritmo como la diversidad presentados se obtienen también a nivel de cada zona de transporte analizada.

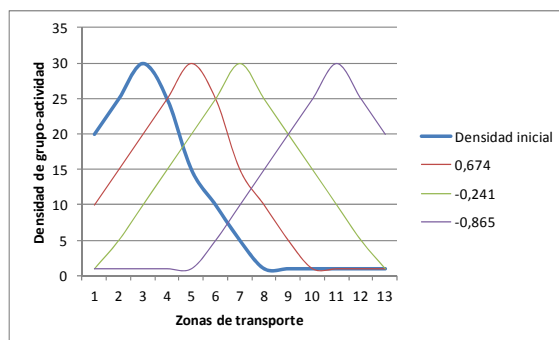
La caracterización del territorio en función de las variables de ritmo urbano, se refiere sólo a la diversidad de actividades promedio entre las 9:00 y 21:00hrs, de cada zona de transporte. En este aspecto es necesario aclarar que cada territorio tiene su propia gráfica de ritmo de actividades, de la cual se obtiene el indicador antes mencionado.

La segunda gran dimensión de la funcionalidad agregada es su composición social. Distintos son los grupos sociales que desarrollan las distintas actividades a lo largo del día, tanto en el tiempo como en el espacio (distribución en el territorio). Es la dimensión espacial del desarrollo de las actividades la que se analiza en el sentido de detectar coexistencias espaciales de grupos sociales desarrollando actividades (las mismas o distintas), es decir, si coinciden o no en los mismos territorios las densidades de los distintos grupos sociales desarrollando las distintas actividades.

Para evaluar la coexistencia espacial de dos grupos-actividades se utiliza el índice de correlación lineal de pearson, aplicado a la densidad de personas, y también a los porcentajes de personas-actividad en cada zona. Este indicador toma un valor entre -1 y 1, donde el valor -1 se da cuando las altas densidades de un grupo se dan en la bajas densidades del otro, y viceversa. El valor 1 se da cuando ambos grupos-actividades presentan en los mismos territorios tanto las altas densidades, como sus bajas densidades. Para ejemplificar esto, la figura III.9 muestra un

ejemplo de una densidad grupo-actividad inicial, y distintos desfases espaciales con sus correspondientes coeficientes de correlación lineal.

**Figura III.9.-** Esquema de desfase espacial de densidades



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar el indicador pasa de ser positivo cuando el patrón espacial es similar al inicial, a ser negativo cuando el patrón espacial es totalmente contrario al inicial.

La consideración de dos indicadores (densidad y porcentajes) en el análisis basado en la correlación espacial se debe a que la densidad de personas está fuertemente condicionada por los valores más altos, restando participación a los valores de magnitud menor. Por otro lado, la segunda medida (correlación espacial entre porcentajes) de cuenta del *trade-off* entre los distintos grupos, ya que la mayor presencia de uno (por el hecho de ser un porcentaje) genera la menor presencia de otros, por lo que representa la correlación espacial entre las participaciones.

También para esta caracterización se calculó el grado de exposición entre los distintos grupos socio-educativos, a partir del indicador de exposición de Bell, que tiene la siguiente ecuación:

$$P_{A2}^{A1} = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{A1_i}{A1} * \frac{A2_i}{A_i} \right] \quad (\text{ec } 5)$$

Donde  $P_{A2}^{A1}$  es el índice de exposición entre la actividad 1 y 2.  $A1_i$  es el número de personas que desarrollan la actividad 1 en la zona i.  $A1$  es el número de personas en la actividad 1 en la ciudad,  $A_i$  es el número de personas en la zona i.

El índice de exposición es una probabilidad combinada de encontrar alguien desarrollando la actividad 1 en una determinada zona, por la probabilidad de que en esa misma zona se desarrollo la actividad 2.

Como se puede apreciar, los distintos indicadores dan cuenta de distintas dimensiones, generando así una imagen más integral del fenómeno de exposición social.

Finalmente el índice de coexistencia espacial (indistintamente aplicado correlaciones a densidades o participaciones, o el índice de exposición antes presentado) de cada combinación grupo-actividad genera una matriz (para cada hora del día), de la cual



la tabla III.7 muestra un ejemplo para un día laboral, del año 2006, a las 18:00hrs en base a densidades de personas.

**Tabla III.7.-** Matriz de correlaciones espaciales entre grupos-actividades, e indicadores sintéticos en base a densidad de personas, año 2006

18:00 hrs		Grupo Bajo							Grupo Medio							Grupo Alto									
Día laboral		Casa	Trab.	Est.	Comp.	Pers.	Soc.	Ocio	Casa	Trab.	Est.	Comp.	Pers.	Soc.	Ocio	Casa	Trab.	Est.	Comp.	Pers.	Soc.	Ocio	Correlación espacial		
Grupo Bajo	Casa		0,25	0,27	0,25	0,15	0,50	0,42		0,14	0,13	0,04	0,14	0,06	0,31	0,24	0,42	0,03	0,11	0,00	0,06	0,06	0,06	Casa	0,31
	Trab.			0,38		0,56	0,55	0,50	0,53	0,14	0,78	0,30	0,63	0,56	0,43	0,54	0,44	0,74	0,38	0,59	0,51	0,58	0,51	Trab.	0,80
	Est.				0,30	0,30	0,29	0,49		0,16	0,37	0,39	0,43	0,27	0,31	0,46	0,49	0,41	0,45	0,23	0,36	0,33	0,30	Est.	0,53
	Comp.					0,35	0,33	0,55	-0,02	0,56	0,27	0,69	0,30	0,26	0,57	0,26	0,52	0,32	0,61	0,38	0,41	0,41	0,43	Comp.	0,64
	Pers.						0,53	0,38	0,14	0,62	0,36	0,38	0,62	0,45	0,54	0,50	0,60	0,36	0,23	0,56	0,58	0,45	Pers.	0,59	
	Soc.							0,38	0,26	0,52	0,11	0,35	0,52	0,48	0,41	0,60	0,48	0,28	0,30	0,44	0,53	0,46	Soc.	0,50	
Grupo Medio	Ocio								0,15	0,54	0,36	0,58	0,44	0,43	0,57	0,49	0,52	0,48	0,44	0,37	0,44	0,50	Ocio	0,54	
	Casa									0,21	0,08	0,02	0,23	0,28	0,17	0,38	0,13	0,04	0,03	0,21	0,17	0,12			
	Trab.										0,45	0,67	0,75	0,57	0,71	0,63	0,89	0,49	0,60	0,71	0,70	0,64			
	Est.											0,38	0,30	0,27	0,42	0,37	0,56	0,74	0,27	0,38	0,30	0,29			
	Comp.												0,45	0,33	0,62	0,36	0,65	0,45	0,63	0,48	0,51	0,62			
	Pers.													0,63	0,59	0,60	0,75	0,41	0,43	0,60	0,58	0,54			
Grupo Alto	Soc.														0,54	0,69	0,48	0,44	0,15	0,35	0,50	0,27			
	Ocio															0,55	0,64	0,47	0,52	0,61	0,57	0,56			
	Casa																0,58	0,54	0,27	0,51	0,54	0,39			
	Trab.																	0,67	0,66	0,75	0,68	0,65			
	Est.																		0,37	0,38	0,43	0,39			
	Comp.																			0,55	0,53	0,53			
Grupo Alto	Pers.																				0,56	0,63			
	Soc.																					0,57			
	Ocio																								

Coexistencia social espacial de la actividad	Casa	0,31
	Trab.	0,80
	Est.	0,53
	Comp.	0,64
	Pers.	0,59
	Soc.	0,50
	Ocio	0,54
Aislamiento social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Bajo	0,42
	Medio	0,53
	Alto	0,56
Exposición social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Todos	0,46
Potencial relación laboral con grupos superiores	Bajo	0,47
	Medio	0,63

Fuente: elaboración propia

La tabla III.7 consta de dos partes, donde la primera es la matriz de coexistencia espacial entre las densidades. A modo de ejemplo, para un día laboral, a las 18:00hrs, la correlación espacial entre las densidades de personas del grupo bajo que están en casa, y la densidad de personas del grupo bajo que está trabajando es de 0,25 (valor de la primera fila, segunda columna). Estos valores varían según hora del día, y según día, por lo que se tiene un comportamiento dinámico de los valores de esta matriz. La forma de sintetizar tal cantidad de información se presenta en la segunda parte de la tabla, en la que se muestran los indicadores sintéticos del comportamiento general, los que se asocian a distintas celdas de la matriz (representadas por distintos colores). A continuación se explican cada uno de estos indicadores.

- **Coexistencia social espacial de la actividad:** corresponde al promedio de las correlaciones lineales entre los distintos grupos (bajo-medio, bajo-alto, y medio-alto), en el desarrollo de la misma actividad. Es un valor para cada actividad. Este indicador se enmarca en lo expuesto por García Almirall (2012) en relación a los diferentes grados de cohesión social de la población, definiéndose la coexistencia como *"cuando diferentes colectivos o personas utilizan el mismo espacio, que puede ser o no a la vez, pero sin relacionarse entre sí.."*.
- **Aislamiento social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio:** corresponde al promedio de las correlaciones lineales de las combinaciones compras-personal, compras-sociales, compras-ocio, personales-sociales, personales-ocio, y sociales-ocio, para un mismo grupo social. Es un valor por grupo.
- **Exposición social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio:** corresponde al promedio de las correlaciones lineales de las combinaciones de compras, personales, sociales, y de ocio, para distintos grupos sociales (bajo-medio, bajo-alto, medio-alto). El resultado es un valor para toda la matriz. Esta dimensión, y la anterior, se enmarca en lo que García Almirall (2012) define como segregación (*"las personas están apartadas, no existiendo presencia de diferentes colectivos en el mismo espacio"*).

- Potencial relación laboral con grupos superiores: corresponde al promedio de las correlaciones lineales de la actividad trabajo con el resto de las actividades de los grupos sociales superiores. Es un valor por grupo, pero sólo se calcula para el grupo bajo y medio.

Para el ejemplo mostrado, es decir, un día laboral, del año 2006, a las 18:00 hrs, la coexistencia espacial del trabajo es la más alta (0,8), seguido por compras (0,64) con un valor menor que refleja la mayor dispersión espacial de los grupos sociales en el desarrollo de la actividad de compras. El aislamiento en actividades de consumo-personales-sociales-ocio es en general mayor que la exposición social en dichas actividades, lo que indica una disposición (no tan clara, por la similitud de los valores) de ocupar los espacios que ocupa el mismo grupo en el desarrollo de todas las actividades antes mencionadas. Finalmente la potencial relación laboral con grupos mayores, es más alta para el grupo medio que para el bajo.

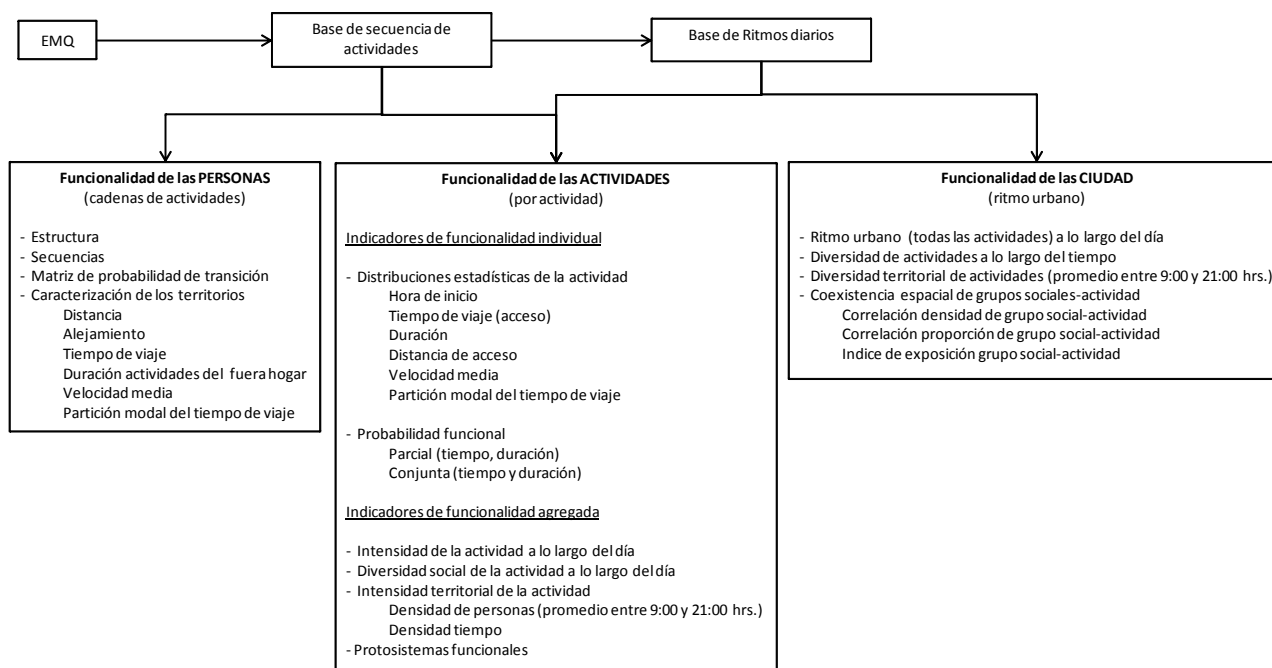
Si bien los indicadores sintéticos definidos son propios de esta investigación, la matriz admite variadas formas de análisis distintas. Una de las características más atractivas de este análisis es que, dado cualquier estructura de índices definidos, es posible analizar la variación a lo largo del día de los valores, visualizando así un comportamiento más real de lo que sucede en la ciudad.

#### *3.3.4.4.- Síntesis metodológica de la caracterización de la funcionalidad urbana*

Lo expuesto anteriormente se enmarca en la caracterización de la funcionalidad urbana de una ciudad, la que se compone por la funcionalidad de las personas, la funcionalidad de las actividades (por separado), y la funcionalidad o ritmo urbano (todas las actividades juntas).

Dentro de la funcionalidad de las actividades, se distinguen indicadores de funcionalidad individual (comportamiento de una persona tipo), o de funcionalidad agregada de las personas (intensidades absolutas).

En la figura III.10 se sintetiza y esquematiza todos los indicadores aplicados para la caracterización de la funcionalidad urbana.

**Figura III.10.- Síntesis de la metodología de caracterización de la funcionalidad urbana**

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.5.- Metodología para relacionar la estructura de actividades y la funcionalidad urbana

La metodología desarrollada para detectar relaciones entre las variables funcionales de los territorios (presentada en el punto anterior), y la estructura de actividades, se basa en la aplicación de modelos econométricos espaciales, con el fin de identificar relaciones más bien dialécticas (no causales deterministas) entre las distribuciones espaciales de las distintas dimensiones analizadas (y específicamente las variables que las representan).

Para relacionar ambas dimensiones fue necesario, previamente lograr una coherencia entre las fuentes de información. Para esto se clasificaron los usos de suelo presentes en la base de catastro, de manera de asociarlos a las actividades analizadas a partir de las encuestas de viajes.

Dado que las categorías de actividades analizadas provienen de las categorías de propósitos de viajes de las distintas encuestas de movilidad cotidiana, fue necesario hacer una asignación de que actividades se desarrollan en que usos de suelo, cuyas categorías provienen de la base de catastro según el código UCM (codificación propia de la base catastral). En la tabla III.8 se muestra la correspondencia entre actividad y usos de suelo.

**Tabla III.8.-** Correspondencia entre actividades (propósitos EMQ), y usos de suelo (Categorías UCM de catastro)

		Uso de suelo y código UCM						
Propósito del viaje			Residencias - U01	Industria - U02	Culturales - U091,U092	Comercios - U04	Oficinas - U03 Sanidad y beneficencia - U08 Religiosos - U093 Administración - U102	Espectáculo - U06 Ocio y hostelería - U07 Deportes - U05 Históricos-artísticos - U101 Jardines - U103
EMQ 2001	EMQ 2006	Actividad \ Uso	Residencias	Industrias	Educación	Comercios	Servicios	Ocio y recreación
Casa/Domicilio	Retornar a casa,domicilio	Estadía en casa						
Trabajo	El trabajo	Trabajo						
Gestiones de trabajo	Gestiones de trabajo							
Estudios	La escuela, universidad Actividades de formación complementaria o no reglada	Estudios						
Compras	Compras cotidianas Compras ocasionales o no cotidianas	Compras						
Medico/hospital	Médico,Ambulatorio,pruebas diagnósticas, recuperación	Personales						
Gestiones personales	Gestiones personales							
Visitar amigos/familiar	Visita a familia o amigos	Sociales						
Acompañar a personas	Acompañar a otras personas							
Ocio,diversión,etc.	Comida no de ocio (comer, cenar,...)	Ocio y recreación						
Comer/Cenar	Práctica de actividades deportivas Actividades culturales (museos, conferencias, cine, teatro...) Otras actividades de ocio (restauración, actividades lúdicas...) Paseos							

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, finalmente fueron seis las categorías de usos de suelo a ser analizadas y explicadas por los distintos modelos. Estas categorías son:

- Residencias: en dónde se desarrollan las actividades de estadía en casa, y actividades sociales (según las preguntas de la EMQ).
- Industria: en dónde se desarrolla la actividad de trabajo.
- Educación: en dónde se desarrollan las actividades de estudio, y de trabajo.
- Comercios: en dónde se desarrollan las actividades de compras, y de trabajo.
- Servicios: en dónde se desarrollan las actividades personales, y de trabajo.
- Ocio y recreación: en dónde se desarrollan las actividades de ocio y recreación, y de trabajo.

La información utilizada para caracterizar la estructura locacional de las actividades corresponde a la densidad neta de superficie construida (superficie construida por hectárea de suelo artificializado).

La estrategia definida para estructurar los modelos econométricos consideró tres criterios principales, de los cuales el primer fue incluir variables de las densidades construidas de los otros usos, para recoger comportamientos tradicionalmente planteados en los modelos urbanos, respecto de las asociaciones entre las intensidades de usos de suelo. Esto fue considerado en los modelos de todas las actividades.

El segundo criterio fue, para los usos de educación, comercios, servicios, y ocio-recreación, incluir variables de la funcionalidad del acceso al trabajo, con el fin de recoger los costos de operación de dichas actividades. Para estas mismas actividades, el tercer criterio fue incluir variables funcionales de las visitas (o demanda real), es decir, de los "clientes" de dichas actividades económicas.

En el caso del uso industrial, sólo se consideró la variable funcionalidad del acceso al trabajo, ya que no existe un símil con los clientes de las restantes actividades.

Los criterios mencionados originan distintas estructuras de modelación para cada actividad. Las variables incluidas en dichas estructuras se pueden agrupar en seis tipos, los que se presentan a continuación:

- Variables de usos de suelo: se consideraron las densidades de los otros usos, de manera de captar relaciones de economías de aglomeración, si es que fuesen significativas.
- Variables de las cadenas de viaje: se consideraron los valores medios de tiempo total de viaje en la cadena, duración total de las actividades fuera del hogar, las distancias totales recorridas, y alejamiento.
- Variables de ritmo urbano: se consideró el promedio de la diversidad de actividades, entre las 9:00 y 21:00hrs.
- Variables funcionales individuales de acceso y duración: se consideraron los valores medios de cada zona en relación a los tiempos de acceso, la duración de las actividades, y las probabilidades funcionales parciales y conjuntas.
- Variables funcionales agregadas de intensidad: se consideraron las variables del valor medio de la densidad de personas (promedio de la densidad de personas entre las 9:00 y 21:00hrs), y la densidad tiempo (que corresponde a la suma del tiempo utilizado en el desarrollo de una actividad en un territorio en un día, dividido por la superficie artificializada).
- Componente espacial de la variable a explicar: cuando correspondía hacerlo, se calibró el modelo con dependencia espacial de la variable a explicar.

Todas las variables de cadenas de actividades, funcionales, y de ritmos se consideraron diferenciando el día laboral del no laboral. Se calibró un modelo por separado para cada año (2001, 2006).

Como se mencionó, la lógica de cada uso modelado requiere una estructura de modelamiento específica, en el sentido de las variables a ser considerada en cada situación. A continuación se muestra la tabla III.9 con la estructura calibrada en cada modelo.

**Tabla III.9.- Estructura de los modelos econométricos calibrados**

Variables explicativas		Modelo de densidad					
		Residencias	Industrias	Educación	Comercios	Servicios	Ocio y recreación
Densidad de usos de suelo							
Cadenas de actividades	Lab. / no lab.						
Ritmo urbano	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de la estadia en casa	Lab. / no lab.						
Funcionalidad del trabajo	Lab. / no lab.						
Funcionalidad del estudio	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de compras	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de actividades personales	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de actividades sociales	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de actividadesde ocio y rec	Lab. / no lab.						
Estructura espacial							

Fuente: elaboración propia

El modelo de residencias consideró la densidad de otros usos, la diversidad de actividades, el comportamiento de las cadenas de viajes en el sentido de considerar toda la secuencia de actividades que parten y retornan de cada zona, como una medida de "alcance" de cada zona. También consideró la funcionalidad del retorno a casa, con un enfoque de acceso al hogar luego del desarrollo de actividades.

Finalmente consideró la actividad que también se desarrolla en la residencia que es albergar las actividades sociales. La idea, en este, caso fue evaluar el peso de las dimensiones de asociación de usos en la misma zona (y la diversidad de estas actividades), el alcance que puede tener la zona en el desarrollo de otras actividades, las situaciones para el retorno a casa, y la funcionalidad de la actividad social que se desarrolla.

El modelo de industrias consideró la densidad de otros usos, la diversidad de actividades que estos generan en el ritmo urbano, y la funcionalidad de la actividad de trabajo.

Los modelos de educación, comercios, servicios, y ocio y recreación tienen la misma estructura, en el sentido que consideran la densidad de otros usos, la diversidad de actividades que estos generan en el ritmo urbano, la funcionalidad de la actividad de trabajo a la cual están afectos sus empleados, y la funcionalidad de cada uno de los "usuarios" o "clientes" de cada actividad.

La estrategia de calibración de los modelos no se enfocó a la obtención del mayor ajuste (mayor nivel de explicación), sino más bien a que los coeficientes calibrados fuesen correctos (cuidando todos los supuestos básicos de la técnica econométrica, que aseguran coeficientes eficientes). Así, el procedimiento de calibración siguió un riguroso proceso de análisis exploratorio, de manera de, por una parte cumplir los supuestos básicos del modelo econométrico, pero también cumplir con la coherencia propia del fenómeno, reflejada en los signos obtenidos, y en la decisión de que variables a incluir, en situaciones de descarte por multicolinealidad.

En el análisis exploratorio de las variables a incluir en el modelo se aplicó un procedimiento de análisis factorial (componentes principales con rotación varimax), cuyo resultado son factores que sintetizan a las variables originales, lo que permiten evaluar relaciones o asociaciones entre las variables explicativas, con el fin de evitar a priori problemas de multicolinealidad entre ellas.

Finalmente, a los modelos obtenidos luego de aplicar los criterios econométricos de coherencia de signos, significancia estadística de los coeficientes (test de hipótesis para verificar que el coeficiente obtenido sea estadísticamente distinto de cero, es decir, que exista la variable en el modelo), significancia global del modelo, y cumplimiento de supuestos básicos de homocedasticidad y multicolinealidad, se le realizó un análisis de dependencia espacial.

La justificación del análisis e incorporación de estructuras espaciales en los modelos econométricos surge de la violación de uno de los supuestos básicos en econometría, que es el que se refiere a la no auto-correlación de residuos, lo que está directamente relacionado con la auto-correlación de los valores de la variable dependiente.

Si los residuos están de alguna forma auto-correlacionados, no se logra la eficiencia de los valores estimados, en el sentido de ser insesgados y de varianza mínima. En este contexto, uno de las causas de auto-correlación de residuos es la existencia de una estructura espacial de los valores de la variable dependiente, es decir, que si al ver los valores en un plano temático, los valores altos se agrupan en un espacio determinado, así como también los valores bajos. En este caso se habla de auto-correlación espacial positiva. Si al contrario el mapa temático muestra que los valores altos y los bajos de la variable se encuentran igualmente distribuidos y mezclados entre sí (como un tablero de ajedrez), se habla de una no auto-correlación espacial de los valores, o también de una auto-correlación espacial negativa. En este último caso no se viola el supuesto básico, por lo que no se justifica la modelación econométrica espacial.

En base a lo anterior, a cada modelo definitivo de densidad de uso de suelo se le realizó un análisis de correlación espacial, tanto de los residuos como de las variables dependientes. Para esto se utilizó, entre otros, el test de Moran, de autocorrelación espacial.

El test I de Moran fue inicialmente formulado como función de una variable (Y), considerada en los puntos del espacio (i,j), en desviaciones a la media, y los elementos de la matriz de relaciones espaciales (wij). El indicador I de Moran se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$I = \frac{N}{S_0} * \frac{\sum_{ij} w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad \text{ec(6)}$$

Donde

Wij : elemento de la matriz de relación espacial entre la zona i y j

S<sub>0</sub> :  $\sum_{ij} w_{ij}$ , es decir la suma de las relaciones espaciales

y : valor medio de la variable y.

N: número de observaciones o tamaño muestral

Al indicador I de Moran se le realiza un test de hipótesis, para determinar la relación entre el valor calculado y su valor medio teórico. El resultado de este test de hipótesis puede concluir lo siguiente:

1. Que el valor calculado es igual al valor medio teórico, por lo que no existe autocorrelación espacial de la variable Y.
2. Que el valor calculado es mayor que el valor medio, por lo que existe autocorrelación espacial positiva en los valores de y, lo que quiere decir que existe una componente espacial en los valores, en el sentido que valores altos y bajos se concentran en el territorio.
3. Que el valor calculado es menor que el valor medio, por lo que existe autocorrelación espacial negativa en los valores de y, lo que quiere decir que no existe una componente espacial de los valores, es decir, valores bajos coexisten espacialmente con valores altos (tablero de ajedrez).

Con el resultado de este test se sabe a ciencia cierta si se requiere o no calibrar un modelo econométrico espacial, para así obtener coeficientes eficientes. Los últimos avances de este test han generado procedimientos más robustos como por ejemplo el test LM tanto para errores como para variables, basado en multiplicadores de Lagrange, y que resulta ser robusto a una mala especificación del modelo. En estos test también se aplican pruebas de contraste para detectar estructuras espaciales.

Si se detecta algún tipo de estructura espacial, se debe calibrar el modelo original con una nueva estructura, incorporando la variable espacial, y aplicando ya no el método tradicional de mínimos cuadrados, sino que el método de máxima verosimilitud para obtener el valor de los coeficientes de la regresión.

La calibración de un modelo econométrico espacial no es más que incorporar una variable que dé cuenta del valor de la variable dependiente en su entorno (o el efecto del entorno en el error), con lo que al descontar este efecto del valor de la variable dependiente se des-espacializa dicho valor, para ser explicado de forma más pura en base a las restantes variables independientes.

A continuación se muestra un modelo econométrico clásico, y las dos estructuras espaciales posibles.

$$\begin{aligned}
 \text{modelo clásico} \quad Y_i &= \beta_0 + \sum \beta_i * X_i + \mu_i \\
 \text{modelo espacial tipo lag} \quad Y_i &= \beta_0 + \gamma WY_{ei} + \sum \beta_i * X_i + \mu_i \\
 \text{modelo espacial tipo error} \quad Y_i &= \beta_0 + \sum \beta_i * X_i + \mu_i + \tau W\mu_{ei}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Donde

Y : variable dependiente

X : variables independientes

W : matriz de relación espacial entre la zona i y j

Ye : valores de la variable dependiente en el entorno definido en W

μe : valores del error en el entorno definido en W

Como se puede apreciar de la segunda ecuación, al término  $Y - \gamma WY_e$  se le llama ajuste espacial o des-espacialización de la variable dependiente. Los coeficientes de los retardos espaciales tanto de la variable dependiente como del error también se analizan desde el punto de vista de su significancia estadística.

La metodología presentada en este punto se alimenta de la metodología de caracterización de la funcionalidad urbana, considerando las variables que caracterizan dicha funcionalidad como variables explicativas de la densidad de superficie construida por actividad. Con esto se logra dar el sustento empírico para la verificación (o no) de la hipótesis de investigación planteada en la presente tesis doctoral.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS EMPÍRICOS DE LA INVESTIGACION

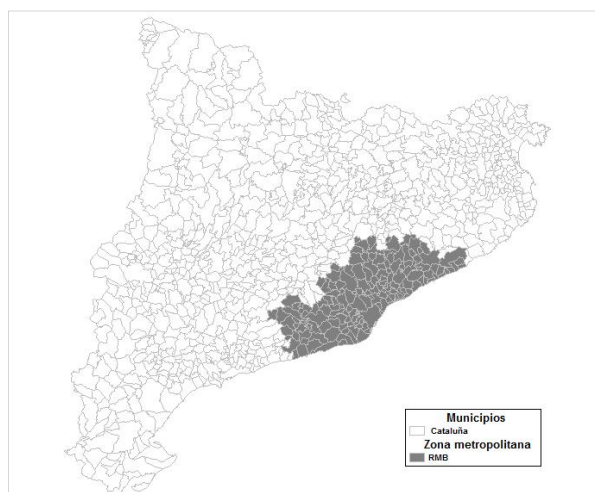
Este capítulo tiene por objetivo presentar los resultados que surge de la aplicación de la metodología desarrollada para la investigación, tanto de los resultados intermedios, como de los procesos de verificación de la hipótesis.

La estructura de presentación de los resultados sigue el orden presentado en la metodología de trabajo. En el primer apartado de este capítulo se presenta y caracteriza el área de estudio. En los apartados dos y tres se presentan los resultados del análisis del comportamiento espacial y temporal de la población, caracterizándose para cada año (2001 y 2006) las cadenas de actividades, la funcionalidad de cada una de las actividades, y los ritmos urbanos. Finalmente, en el cuarto y último apartado se presentan los supuestos y resultados de la calibración de los modelos econométricos, en relación a la verificación de la hipótesis de investigación.

#### IV.1.- Presentación de la RMB en el contexto de Cataluña

La ciudad de Barcelona es la capital de la comunidad autónoma de Cataluña, la que en total tiene 945 municipios, de los cuales 164 de ellos conforman la denominada Región Metropolitana de Barcelona (en adelante RMB). El área de estudio de la presente tesis corresponde a dicha región metropolitana, cuya situación geográfica se presenta en la figura IV.1.

**Figura IV.1.-** Situación geográfica del área de estudio a nivel de Cataluña



Fuente: Elaboración propia

A modo de introducción, los siguientes indicadores dan cuenta de la relevancia de la RMB en el contexto de Cataluña.

Es así que:

- En relación a la superficie municipal, la RMB con sus 323.600 ha. concentra un 10,1% de la superficie de Cataluña.
- En relación a la población, La RMB contenía una población de 4.390.424 habitantes el año 2001, que correspondía a un 69% de Cataluña. Las estimaciones al año 2009<sup>1</sup> aumenta la población a 4.962.398 habitantes, pero dado el proceso de descentralización observado en los últimos años e incorporado en las estimaciones, el porcentaje baja a un 66,4% de Cataluña.
- En relación a las viviendas principales, la RMB tenía 1.618.689 viviendas el año 2001, que correspondía a un 69,4% de Cataluña. En las estimaciones al año 2009 aumenta el número a 1.880.439, concentrando un 66,4% de Cataluña.
- En relación a la población ocupada residente (POR), la RMB contenía un total de 1.951.615 ocupados el año 2001, que correspondía a un 69,3% de Cataluña. Las estimaciones al año 2009 aumenta a 2.384.405 ocupados, concentrando un 66,6% de Cataluña.
- En relación a empleos, el área de estudio contenía un total de 1.963.012 empleos el año 2001, que correspondía a un 70,3% de Cataluña. Al año 2009, las estimaciones arrojan un valor de 2.414.464 empleos, concentrando un 67,4% de Cataluña.
- En relación a la superficie de suelo construida, el año 2008 la RMB contenía un total de 362.196.640 m<sup>2</sup> construidos, considerando todos los usos. De esta superficie un 67% es de viviendas, 15,3% de industria, 6,6% de comercios, 3,7% de oficinas, 2,9% de actividades culturales y religiosos, 1,6% de deportes, etc.
- En relación al área urbanizada (o también llamada artificializada), la RMB contenía un total de 64.106 hectáreas el año 2000. Al año 2006 la superficie urbanizada aumenta a 75.175 hectáreas.

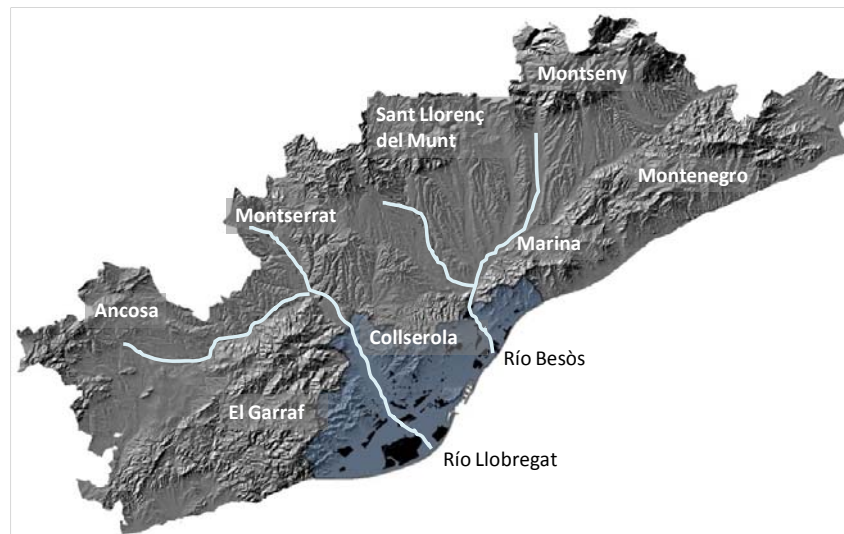
De las cifras presentadas se puede deducir que el área de estudio concentra del orden de un 70% de las actividades de Cataluña, en sólo un 10% de superficie bruta. Esta alta concentración de actividades se emplaza en el territorio de manera muy particular, dada las condiciones propias de la RMB.

En este sentido, la **estructura geomorfológica** que presenta la RMB es tal vez el factor más determinante en los patrones de ocupación del territorio, en términos de asentamiento de actividades, y también como condicionante de los trazados de las redes de interacción. La geomorfología de la RMB está compuesta por dos cordones montañosos principales, la sierra litoral y la pre-litoral (figura IV.2).

---

<sup>1</sup> Los datos al año 2009 provienen del modelo Demograf-Econograf, elaborado por el CPSV, en el contexto del estudio "Modelo de evaluación de la eficiencia energética y ambiental, de la estructura de actividades y la movilidad, de la Región Metropolitana de Barcelona", para el Ministerio de Fomento del gobierno de España.

**Figura IV.2.- Geomorfología de la RMB**

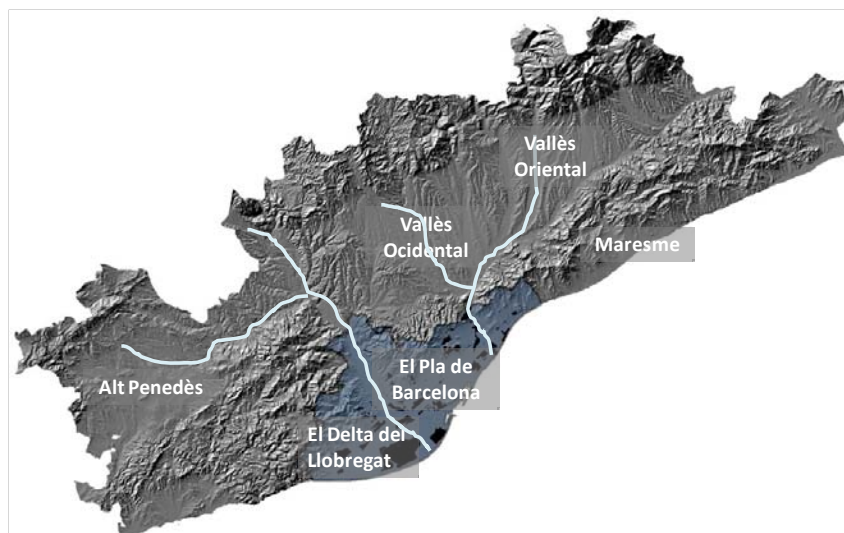


Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, los dos grandes ríos presentes en la RMB, el Llobregat y el Besòs, estructuran cuatro cordones montañosos en la sierra litoral, que son El Garraf, Collserola, Marina y Montenegro. Por otra parte la sierra pre-litoral se compone también de cuatro grandes formaciones que son Ancosa, Montserrat, Sant Llorenç del Munt, y Montseny.

Tanto la estructura geomorfológica como hídrica, determinan las grandes zonas de ocupación de la RMB, las que se presentan en la figura IV.3.

**Figura IV.3.- Macro zonas morfológicas de ocupación en la RMB**



Fuente: Elaboración propia

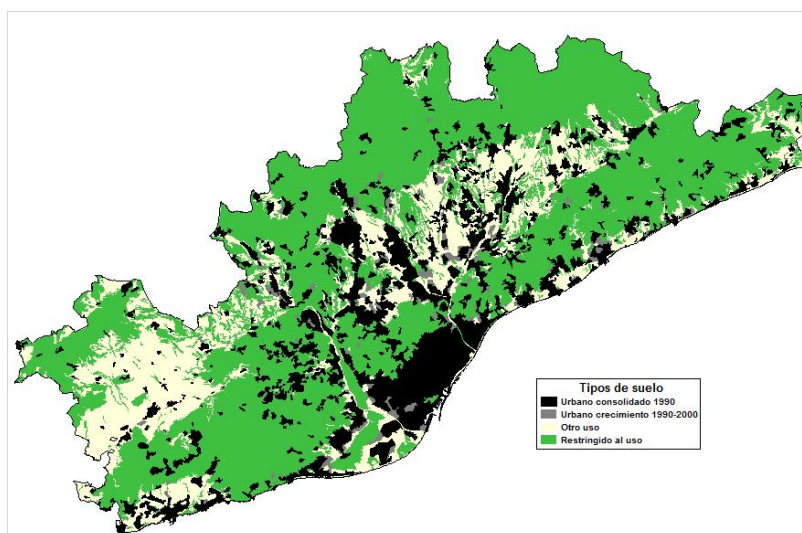
En la figura IV.3 se aprecia que la depresión pre-litoral no es continua, ya que el cordón montañoso del Garraf la interrumpe, generando una zona de ocupación no contigua denominada Penedès, de las cuales sólo la zona del Alt Penedès pertenece a la RMB. La otra franja de la depresión pre-litoral (continua), conforman la zona de

ocupación conocida como Vallès, que se diferencia entre Vallès oriental y occidental.

En la desembocadura de los ríos principales se emplazan el delta del Llobregat y el del Besòs. Entre las dos desembocaduras se localiza la zona de ocupación conocida como el Pla de Barcelona (el plano de Barcelona). El delta del Llobregat es significativamente mayor que el del Besòs, ampliando la zona de ocupación hacia el sur-oeste, hasta la irrupción del cordón del Garraf en el borde litoral. Finalmente, la depresión litoral hacia el nor-este se denomina el Maresme.

En este contexto geomorfológico, **la ocupación del suelo** está claramente diferenciada. En estudios desarrollados por el Centro de Política de Suelo y Valoraciones, en base a información del proyecto CORINE, se ha determinado que el año 2000, de los 3.243 Km<sup>2</sup> de superficie de la RMB, un 20,8% correspondía a superficie urbana consolidada, y un 58,3% correspondía a superficie de uso restringido, ya sea por normativa (áreas de reserva natural, parques, humedales, etc.), o por condiciones de edificabilidad (pendiente del terreno superior al 10%). De lo anterior, se deduce que un 20,9% de superficie tiene otra ocupación. En la figura IV.4 se muestra la distribución espacial de dichas categorías de usos del suelo.

**Figura IV.4.-** Ocupación del suelo en la RMB, 2000



Fuente: CPSV

En la figura además se presenta el suelo urbano consolidado al año 1990, y el incremento de suelo en el período 1990-2000, que resultó ser de un 10,3%.

Finalmente, sólo en el 40% de la superficie de la RMB se emplazan las áreas pobladas, las actividades, y las infraestructuras.

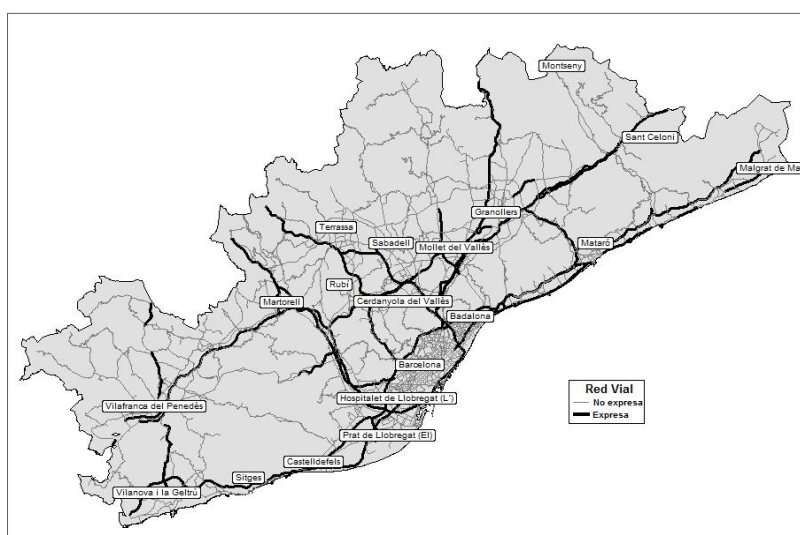
Respecto de **la infraestructura de transporte**, es la situación geomorfológica la que condiciona el emplazamiento de la red vial, y las redes de infraestructura transporte público y de carga en la RMB.

En la figura IV.5 se presenta la estructura vial, la que en términos generales se compone de grandes corredores expresos (de alta capacidad y velocidad de diseño), asociados principalmente a la estructura morfológica antes presentadas.

Dos de estos corredores son paralelos entre sí, siendo el primero un eje costero litoral, cuyo perfil es de carretera nacional (una pista por sentido, con tramos urbanos de baja velocidad), que parte desde Vilanova i la Geltrú, pasando por Sitges, Castelldefels, Barcelona, Badalona, Mataró, y llegando hasta Malgrat de Mar. En el tramo entre Barcelona y Malgrat de Mar, existe una carretera paralela, cuyo trazado va por la misma depresión litoral, con un perfil de autopista expresa de pago, que constituye la autopista del Maresme.

El segundo corredor, paralelo al corredor litoral, es el que se emplaza en la depresión pre-litoral, uniendo el Penedès con el Vallès, partiendo desde Vilafranca del Penedès, pasando por Martorell, Terrassa, Sabadell, Granollers, y Sant Celoni en dirección hacia Francia. Este corredor es de perfil de autopista expresa (con tramos de pago), aunque también existe la posibilidad de recorrerlo por vías nacionales.

**Figura IV.5.-** Contexto geográfico y tipologías de la red vial de la RMB



Fuente: Elaboración propia

Los corredores transversales tienen la función de unir la depresión litoral con la pre-litoral. Los principales corredores transversales se emplazan a lo largo de los valles que conforman los ríos Llobregat y Besòs. Estos corredores tienen perfil de autopistas expresas, también con trazados paralelos de vías nacionales. Pero también existen otros corredores transversales, de carácter expreso, como el que une Vilanova i la Geltrú con Vilafranca del Penedès, o Barcelona con Rubí-Sant Cugat (a través del túnel de Vallvidrera), o el corredor que une Mataró con Granollers.

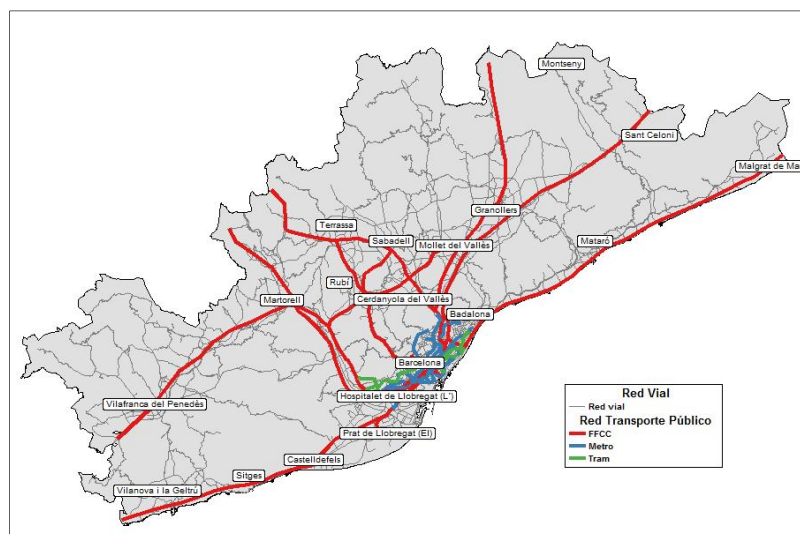
Finalmente está el corredor expreso constituido por la Ronda Litoral y la Ronda de Dalt, que circunvalan Barcelona.

La red de transporte público en la RMB coincide relativamente con la red vial. En la figura IV.6 se presentan las redes de ferrocarriles, metro y tranvía. La red de ferrocarriles utiliza los mismos corredores viales expresos, pero como se aprecia sólo existen servicios en los corredores transversales de los ríos Llobregat y Besòs, y en el corredor central de Barcelona a Rubí. Hacia Sant Celoni y Vilafranca del Penedès sólo existe el corredor longitudinal por la depresión pre-litoral. Además de los trazados por el borde litoral.

La red de metro y tranvía se concentra en el plano de Barcelona, con una densa red integrada también a la red de autobuses, que otorgan a dicha área una gran oferta de transporte público, con altas frecuencias y recorridos. También existen recorridos interurbanos de buses, y servicios locales de buses de acercamiento que preferentemente se articulan al tren.

Todos los modos de transporte público están incluidos en un sistema tarifario integrado, cuyos valores dependen de un zonificación definida en forma radial a partir de Barcelona. Hasta hoy, la tarifa de transporte público está subvencionada por el gobierno Catalán, situación que esta paulatinamente cambiando por la actual situación de crisis económica que vive el país.

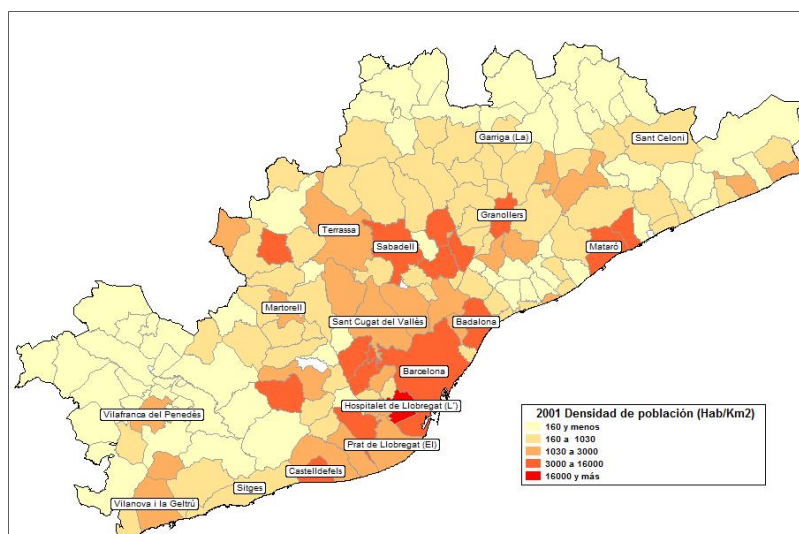
**Figura IV.6.-** Contexto geográfico y características de la red de transporte público de la RMB



Fuente: Elaboración propia

La evolución de la RMB en términos de **poblamiento** ha tenido distintas etapas, en sus distintos territorios. Entre 1950 y 1975 se registran altos crecimientos de población concentrados en el municipio de Barcelona y sus entornos inmediatos. La ciudad central queda prácticamente saturada el año 1970 (AMB, 2003), para luego experimentar 10 años de no crecimiento. A partir de 1981 comienza un proceso de pérdida de población, mientras que el resto de la RMB experimenta crecimientos, debido a la migración desde el área central (municipio de Barcelona). En la figura IV.7 se presenta la distribución espacial de la densidad bruta de población al año 2001.



**Figura IV.7.-** Distribución de la densidad bruta de población, RMB 2001


Fuente: Elaboración propia en base a información del Censo 2001

De la figura se aprecia la concentración central de altas densidades, que a pesar de experimentar un decrecimiento relativo, se mantiene en valores significativamente altos. También se aprecian municipios periféricos de altas densidades como Mataró, Granollers, Sabadell, etc.

En relación a la **estructura de empleos**, La RMB en el período 1991-2001 aumenta aproximadamente un 16% el número total de empleos. En la tabla IV.1 se muestra la distribución por actividades (categorías CNAE) entre los años 1991 y 2001.

**Tabla IV.1.-** Distribución de empleos por rama de actividad económica, RMB 1991 y 2001

Categoría de actividad	1991		2001		Var 1991-2001 (%)
	Empleos	%	Empleos	%	
Agrícola, Caza, Silvicultura	13.765	1	13.249	1	0
Pesca	1.914	0	1.242	0	0
Extracción	1.594	0	437	0	0
Fabricación y producción	578.655	37	472.313	26	-11
Energía y agua	12.425	1	11.515	1	0
Construcción	114.842	7	141.866	8	0
Comercio y ventas	231.167	15	294.720	16	1
Restaurantes y hoteles	63.532	4	99.362	5	1
Transporte y telecomunicaciones	103.668	7	119.504	7	0
Act. Financieras	56.687	4	63.283	3	0
Servicios	126.776	8	192.522	10	2
Administración pública	66.609	4	92.749	5	1
Educación	73.782	5	108.721	6	1
Sanidad	57.351	4	92.640	5	1
Servicios sociales y personales	61.031	4	91.487	5	1
Personal doméstico	18.552	1	41.932	2	1
Otros	251	0	205	0	0
Total	1.582.601	100	1.837.747	100	

Fuente: Elaboración propia en base a información de Censos 1991 y 2001

De la tabla se aprecia para el año 1991, una predominancia relativa de la fabricación y producción, con un 37%. Pero en realidad, si se suma las

participaciones asociadas a actividades de comercios y servicios, se logra un 54%, por lo que la estructura de empleos en la RMB es netamente terciaria. Esta situación se incrementa el año 2001, en donde pierde participación la actividad industrial, alcanzando un 65% las actividades terciarias (de las cuales la que más aumenta son los servicios). Es decir, la estructura de empleos de la RMB se consolida en actividades terciarias en el período 1991-2001.

En relación a la estructura ocupacional del empleo, en la tabla IV.2 se muestran los valores para el período 1991-2001.

**Tabla IV.2.-** Distribución de empleos por categoría ocupacional, RMB 1991 y 2001

Categoría ocupacional	1991		2001		Var 1991-2001 (%)
	Empleos	%	Empleos	%	
Directivos	136.287	9	163.225	9	0
Profesionales	169.922	11	243.294	13	3
Técnicos	317.056	20	257.352	14	-6
Empleados administrativos	61.228	4	221.190	12	8
Trabajadores en servicios y ventas	194.553	12	277.444	15	3
Trabajadores cualificados en agricultura y pesca	16.045	1	11.556	1	0
Trabajadores cualificados en industrias	322.475	20	280.255	15	-5
Operadores de maquinaria	243.712	15	208.233	11	-4
Trabajadores no cualificados	119.564	8	173.777	9	2
Otros	1.759	0	1.421	0	0
Total	1.582.601	100	1.837.747	100	

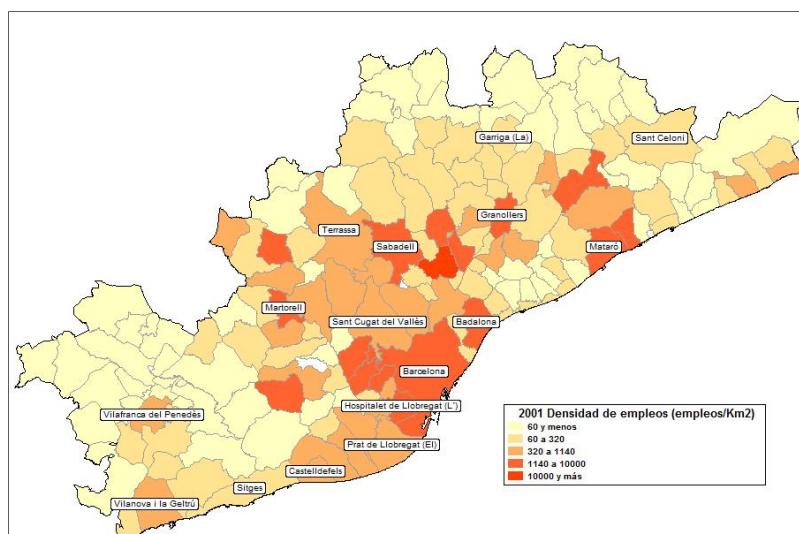
Fuente: Elaboración propia en base a información de Censos 1991 y 2001

La variación de la estructura ocupacional del empleo es coherente con lo presentado anteriormente, en el sentido que decrecen las ocupaciones de técnicos, trabajadores cualificados industriales, y operadores. Y por otra parte aumentan significativamente los empleados administrativos, los trabajadores en servicios y ventas, y los profesionales.

En la figura IV.8 se presenta la distribución espacial de la densidad bruta de empleos.



**Figura IV.8.-** Distribución de la densidad bruta de empleos, RMB 2001

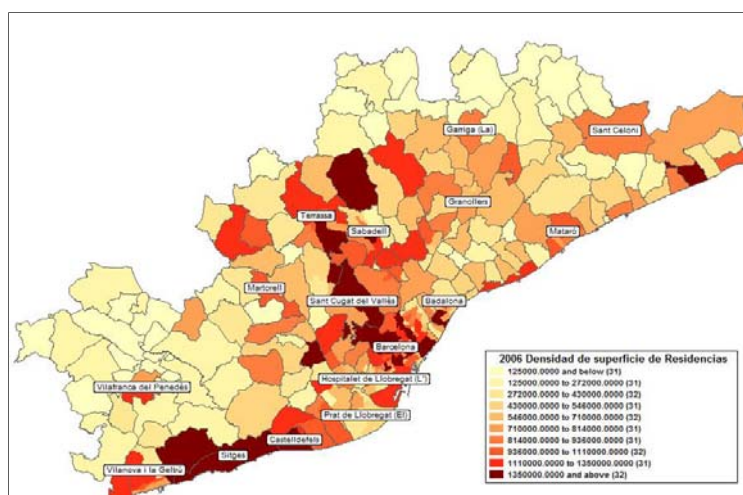


Fuente: Elaboración propia en base a información del Censo 2001

De la figura se aprecia la concentración central en Barcelona y su entorno inmediato, y altas densidades periféricas en Mataró, Granollers, Sabadell, Martorell, etc. Los municipios entre Barcelona y estos subcentros periféricos también presentan valores relativamente altos de densidad. Lo mismo ocurre en torno a Mataró, Granollers, y Martorell.

Los empleos y población finalmente determinan la **localización de las actividades**, y específicamente la superficie construida de estas. A continuación se presenta un análisis para una agrupación de actividades, que posteriormente serán utilizadas en la verificación de la hipótesis de investigación. Los valores que se presentan corresponden a densidades netas de superficie construida (superficie construida por hectárea de suelo urbanizado) para el año 2006.

**Figura IV.9.-** Distribución de la densidad de superficie residencial ( $m^2$  construidos/ha), RMB 2006



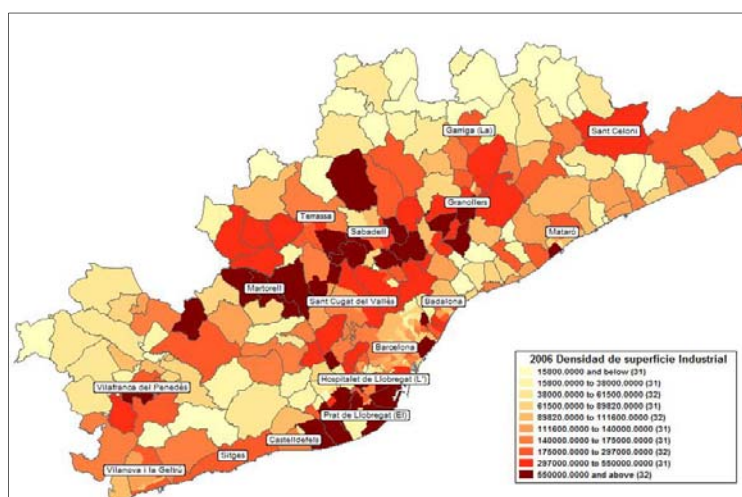
Fuente: elaboración propia

La figura IV.9 muestra que las altas densidades se encuentran en el eje central transversal Barcelona-Sant Cugat-Rubí-Terrassa-Sabadell-Castellar del Vallès, y también en el en zonas costeras como Castelldefels, y el sistema Sitges-Sant Pere de Ribes.

De la figura se aprecia, más que un centro estructurador, un patrón de difusión espacial de altas densidades a partir del eje Barcelona-Sitges (con algunas discontinuidades en la zona industrial del Prat), y Barcelona-Terrassa (el cual se difunde por todo el Vallès occidental).

La figura IV.10 muestra la distribución espacial de la densidad neta de superficie industrial, de la que se pueden identificar dos cordones de altas densidades, uno a lo largo del Vallès (Martorell, Castellbisbal, Rubí, Terrassa, Sabadell, Sant Quirze, Barberà, Santa Pertpetua, Parets, y Granollers). El segundo cordón es el frente marítimo de Gavà, Viladecans, El Prat, y Barcelona (Zona portuaria y el Fórum).

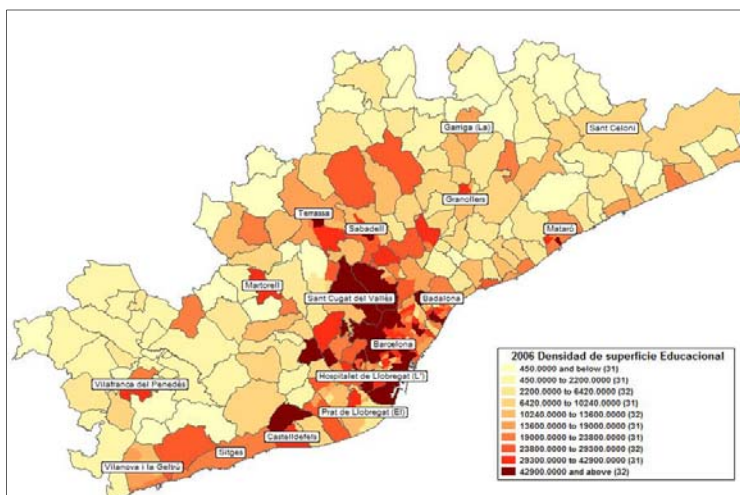
**Figura IV.10.-** Distribución de la densidad de superficie industrial ( $m^2$  construidos/ha), RMB 2006



Fuente: elaboración propia

La figura IV.11 muestra la distribución espacial de la densidad neta de superficie de educación, donde se identifican zonas de altas densidades en la periferia interna de Barcelona, y en los municipios contiguos como L'Hospitalet, Esplugues, Sant Cugat, y Cerdanyola. También se presentan altas densidades en los centros de Terrassa, Sabadell, Mataró y Gavà.

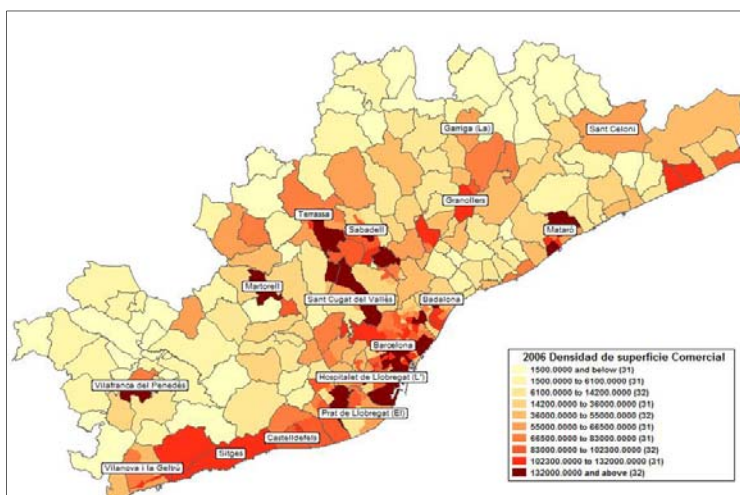
**Figura IV.11.-** Distribución de la densidad de superficie de educación ( $m^2$  construidos/ha), RMB 2006



Fuente: elaboración propia

La figura IV.12 muestra la distribución espacial de la densidad neta de superficie comercial, en la cual se identifican zonas de altas densidades al interior de Barcelona asociadas al centro histórico, la zona del puerto, el Fórum, y la Maquinista. En otros municipios se identifican altas densidades (algunas de ellas asociadas a grandes superficies) como por ejemplo en Badalona, Mataró, Sant Boi, Sant Cugat, Terrassa, Sabadell, Martorell, Vilafranca del Penedès, y Barberà del Vallès.

**Figura IV.12.-** Distribución de la densidad de superficie comercial ( $m^2$  construidos/ha), RMB 2006

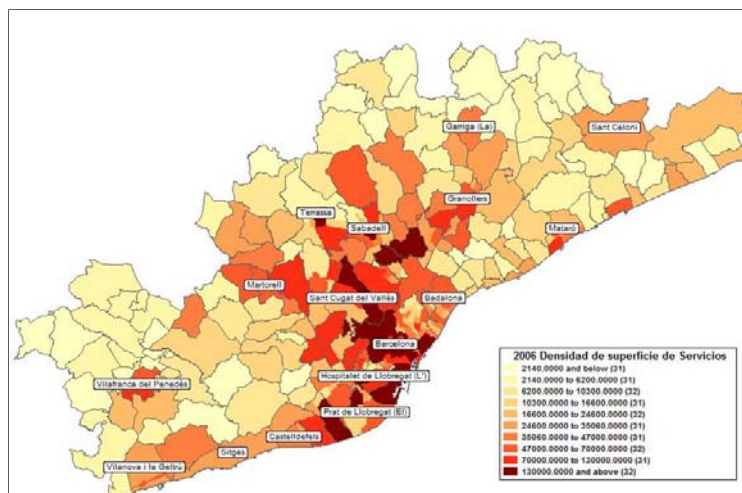


Fuente: elaboración propia

La figura IV.13 muestra la distribución espacial de la densidad neta de superficie de servicios. De la figura se identifican zonas de altas densidades al interior de Barcelona asociadas al centro histórico, la zona del puerto, el Fórum, y a los municipios contiguos de L'Hospitalet, El Prat, Viladecans, Sant Cugat. Luego, se

observan altas densidades en los centros de Terrassa, Sabadell, y el sistema Barberá-Santa Perpetua.

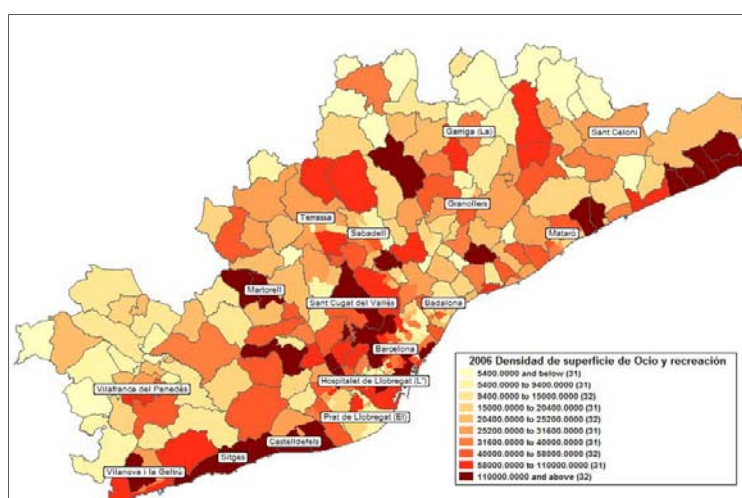
**Figura IV.13.-** Distribución de la densidad de superficie de servicios ( $m^2$  construidos/ha), RMB 2006



Fuente: elaboración propia

Finalmente, la figura IV.14 muestra la distribución espacial de la densidad neta de superficie de ocio y recreación. De la figura se identifican zonas de altas densidades dispersas en la RMB, asociadas a distintos tipos de actividades. Los municipios que contienen zonas de altas densidades son Barcelona (centro histórico y frente marítimo), Gavá, Castelldefels, Sitges, Sant Andreu de Llavaneres, Calella, Pineda, Santa Susana, Malgrat. Al interior de la RMB encontramos altas densidades en Sant Cugat, Barberá, Martorell, Caldes de Montbui, y Vallromanes.

**Figura IV.14.-** Distribución de la densidad de superficie de ocio y recreación ( $m^2$  construidos/ha), RMB 2006



Fuente: elaboración propia

Finalmente, todo lo antes expuesto se integra en el territorio de la RMB, de manera compleja y sinérgica, siendo subyacente una determinada **estructura espacial**,

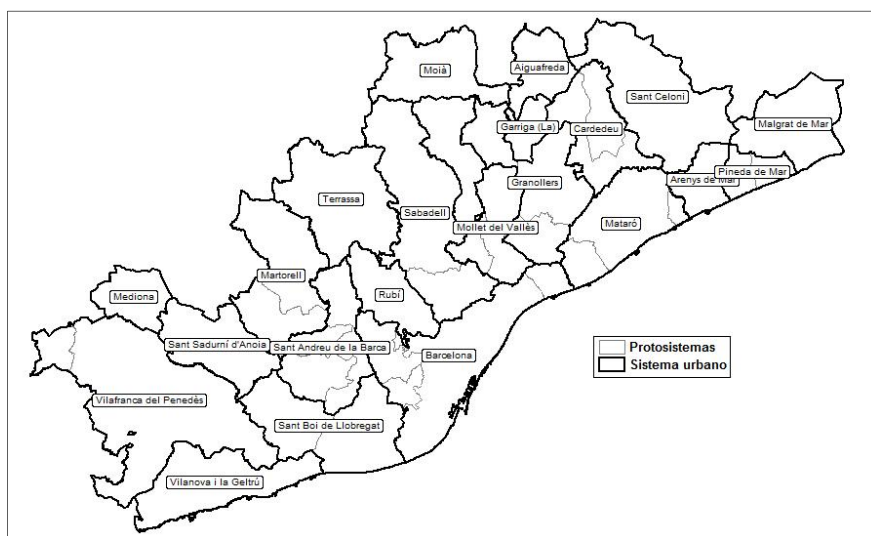


cuya delimitación también es compleja. Un simplismo que permite tener una primera aproximación de esta estructura de sistemas urbanos en la RMB, es considerar las relaciones funcionales residencia trabajo. Para esto, y como ya se presentara en el capítulo II, las relaciones intermunicipales por trabajo son uno de los indicadores más utilizados y aceptados en la definición y delimitación de aglomeraciones metropolitanas.

En términos generales la movilidad por trabajo de la RMB, muestra de manera explícita una estructura territorial polinuclear (o policéntrica) característica, con un área central directamente vinculada a Barcelona, y un conjunto de sistemas urbanos organizados en el entorno directo. Al respecto, el estudio de Roca (2011) llega a determinar, en base a una evolución metodológica del enfoque de análisis de flujos, una estructura jerárquica de protosistemas y sistemas urbanos para la RMB, la que será utilizada en el presente capítulo para caracterizar las variables de funcionalidad en la RMB.

La estructura planteada por Roca consta de 41 protosistemas funcionales de residencia-trabajo, los que se consolidan en 23 sistemas urbanos que estructuran la RMB. En la figura IV.15 se muestra la desagregación de protosistemas y sistemas urbanos.

**Figura IV.15.-** Sistemas urbanos y protosistemas funcionales que estructura la RMB



Fuente: Elaborado a partir de estudio de Roca 2012

Finalmente se puede decir que el área de estudio analizada en esta tesis concentra del orden de un 70% de las actividades de Cataluña, en sólo un 10% de superficie bruta, que presenta una estructura geomorfológicamente condicionada por cordones montañosos, y zonas de valles, lo que hace aún más intensa su utilización. Lo anterior denota una alta concentración de actividades, que representa el sustento que soporta la funcionalidad cotidiana de las personas, la que se presenta en los siguientes apartados.

## IV.2.- Caracterización de la funcionalidad urbana de las actividades en la RMB, año 2001

Este apartado reporta los resultados obtenidos para el año 2001. Pero para esto, es necesario tener presente que el análisis de funcionalidad consideró sólo la población mayor de 16 años, dos tipos de día (laboral y no laboral), tres grupos sociales (grupo alto con formación universitaria, grupo medio con formación técnico profesional, y grupo bajo con formación primaria y sin formación), y también recordar que las actividades analizadas consideran las siguientes categorías:

- Trabajo: que considera actividades propiamente del trabajo, o actividades inducidas como tramites o gestiones del trabajo.
- Estudio: que considera actividades en escuelas, universidad, o a actividades de formación complementarias o no regladas
- Compras: que considera actividades de compras cotidianas y no cotidianas
- Personales: que corresponden a actividades de gestiones personales (trámites), o de salud
- Sociales: que considera actividades como visitar y/o acompañar a familiares o amistades
- Ocio y recreación; que considera actividades de ocio, diversión, comer o cenar, culturales, actividades deportivas, paseos, etc.
- Sin destino fijo: que considera variadas actividades de índole personal, no asociadas ni a trabajo ni estudio, cuyo destino es variable. Esta actividad si bien no se analizará como tal, se mencionará en combinación con las otras actividades.

### 4.2.1 Las cadenas de actividades

Como se ha mencionado en la metodología, la cadena de actividades es la secuencia, ordenada en el tiempo, de actividades<sup>2</sup> que un individuo desarrolla en el día. Cabe señalar que dentro de las actividades se considera el retorno y estadía en el hogar (en casa) como una actividad más entre el comienzo y el término de la cadena cotidiana.

La primera característica de una cadena de actividades es su estructura, para lo cual se muestra en la tabla IV.3 el histograma de frecuencias del número de actividades que componen las cadenas, para el año 2001.

**Tabla IV.3.-** Número de actividades en las cadenas, RMB 2001

Año 2001		Número de cadenas			
Número de actividades	Día laboral	%	Día no laboral	%	Semana
2	1.424.139	75,0	822.964	81,0	8.766.622
3	62.372	3,3	50.030	4,9	411.919
4	330.559	17,4	115.175	11,3	1.883.143
5	31.455	1,7	13.455	1,3	184.186
6	29.122	1,5	10.292	1,0	166.192
7	7.076	0,4	2.492	0,2	40.364
8	9.685	0,5	957	0,1	50.338
9	1.618	0,1	219	0,0	8.530
10 y más	2.648	0,1	105	0,0	13.451
<b>Total</b>	<b>1.898.673</b>	<b>100,0</b>	<b>1.015.689</b>	<b>100,0</b>	<b>11.524.745</b>

Fuente: Elaboración propia

<sup>2</sup> La actividad considera el acceso y su desarrollo

Para el año 2001, se puede observar que de las 1.898.673 cadenas del día laboral, el 75% tiene dos actividades, y un 17,4% cuatro, siendo poco significativo el resto de combinaciones. Esta situación es similar para las 1.015.689 cadenas del día no laboral (aumentando el porcentaje de 2 actividades a un 81%, y disminuyendo el de 4 a 11,3%), y para las 11.524.745 cadenas de la semana (donde los porcentajes son muy similares al día laboral). Lo anterior muestra primero una contracción de las cadenas de día no laboral en relación al laboral, en el sentido de disminuir el número de actividades desarrolladas en el día. Lo segundo que se aprecia es que el porcentaje de 3 actividades no es monótonamente decreciente, lo que indica una situación singular, que se repite tanto en día laboral, no laboral, y semana. La particularidad del número par de actividades se puede atribuir apriori a una pendularidad de las actividades, pivotando (retornando) en una misma actividad.

Para aclarar esto, a continuación se presentan los resultados obtenidos de la caracterización de las cadenas según su estructura pendular o de tour<sup>3</sup>.

**Tabla IV.4.- Características espacio temporales de las cadenas de actividades, RMB 2001**

Año 2001				Distancias diaria (km)		Tiempo diario (hr)		Partición del tiempo de viaje por modo de transporte en la cadena (%)							
Cadena	Día	Número de cadenas	%	Recorrida	Alejamiento	Viaje	Duración	Caminata	Bicicleta	Bus	Metro/Tram	Tren	Taxi	Coche	Otro
Pendular	Laboral	1.809.159	95,3	13,29	5,28	1,08	5,67	26,9	0,5	14,6	17,1	9,3	0,4	30,8	0,3
	No laboral	955.333	94,1	11,66	4,61	1,02	3,92	30,1	0,8	12,5	16,4	5,5	0,5	34,1	0,1
Tour	Laboral	89.514	4,7	18,02	8,99	1,70	7,50	28,4	1,2	10,7	15,2	9,1	0,3	34,7	0,4
	No laboral	60.356	5,9	18,19	8,81	1,73	6,59	30,8	0,1	6,7	11,8	3,4	1,1	46,1	0,1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV.4 se verifica lo expuesto antes, ya que se presenta una alta participación de cadenas pendulares, tanto en los días laborales como no laborales (en promedio un 94,7%). Las cadenas tipo tour son poco representativas en el total diario (5,3%). La distancia total recorrida muestran que los tour son más extensos que las cadenas pendulares, lo mismo se refleja en el alejamiento (llegan más lejos desde origen). El tiempo de viaje total de las cadenas pendulares es menor que la de los tour (del orden de 0,7 horas menor), y así también la duración total de actividades<sup>4</sup>. En relación a las particiones modales de los tiempos totales de viaje, tanto para cadenas pendulares como para tour, los modos predominantes son coche y caminata, con un promedio de 36% y 29% respectivamente, y en menor participación bus, metro/tram, y tren (casi la mitad de los porcentajes anteriores).

Para entender mejor la estructura de las cadenas es necesario caracterizar las secuencias de actividades que las componen. En la tabla IV.5 se caracterizan las 16 secuencias más relevantes en términos de peso estadístico para el año 2001.

<sup>3</sup> Recordar que la estructura pendular retorna por lo menos una vez al hogar, durante el desarrollo cotidiano de la cadena, mientras que el tour no.

<sup>4</sup> Recordar que sólo se consideran actividades fuera del hogar, en el cálculo de este tiempo.

**Tabla IV.5.-** Características las secuencias de actividades más representativas, RMB 2001

Secuencia de actividades	Día Laboral		Día no laboral	
	Nº de cadenas	%	Nº de cadenas	%
casa-trabajo-casa	654.643	34,5	127.859	12,6
casa-trabajo-casa-trabajo-casa	144.922	7,6	23.344	2,3
casa-trabajo-casa-ocio-casa	10.125	0,5	4.541	0,4
casa-trabajo-casa-social-casa	7.995	0,4	1.673	0,2
casa-trabajo-casa-compras-casa	7.798	0,4	1.992	0,2
casa-estudio-casa	182.752	9,6	16.298	1,6
casa-estudio-casa-estudio-casa	17.964	0,9	1.617	0,2
casa-estudio-casa-ocio-casa	6.455	0,3	1.222	0,1
casa-compras-casa	219.892	11,6	196.749	19,4
casa-compras-casa-social-casa	6.189	0,3	5.824	0,6
casa-compras-casa-ocio-casa	3.726	0,2	7.990	0,8
casa-personal-casa	141.979	7,5	55.155	5,4
casa-social-casa	94.827	5,0	119.452	11,8
casa-ocio-casa	56.104	3,0	198.635	19,6
casa-sd.fijo-casa	62.662	3,3	99.154	9,8
casa-sd.fijo-casa-sd.fijo-casa	3.115	0,2	2.862	0,3
Otras	277.525	14,6	151.323	14,9
<b>Total</b>	<b>1.898.673</b>	<b>100,0</b>	<b>1.015.689</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia

Las 16 secuencias mostradas en la tabla IV.5 representan del orden de 85% del total de cadenas diarias en el año 2001. Lo anterior es indicativo de la significancia estadísticas de este grupo de secuencias.

Lo primero que se observa en la tabla anterior, es la pendularidad asociada al hogar (retorno a casa) de las secuencias, la que es coherente con los resultados anteriores.

En día laboral, la secuencia de mayor participación es casa-trabajo-casa con un 34,5%, seguida por casa-compras-casa con un 11,6%, casa-estudio-casa con un 9,6%, y casa-personal-casa con un 7,5%. Lo anterior muestra que las secuencias uni-funcionales (una sola actividad fuera del hogar), son las de mayor peso estadístico, en relación a las multifuncionales.

El día no laboral mantiene la predominancia de las secuencias uni-funcionales, pero cambia significativamente el orden, siendo las secuencias de mayor participación casa-compras-casa y casa-ocio-rec<sup>5</sup>-casa, ambas con un 19%, seguidas por casa-trabajo-casa y casa-social-casa, ambas con un 12%. La secuencia casa-sd.fijo-casa se pone en un quinto lugar con un 9,8%. Lo anterior muestra que las cadenas de características no ocupacionales son las que predominan en día no laboral, y sobre todo las que se asocian a actividades de gran variedad y diversidad locativa, lo que también resulta indicativo del porcentaje significativo de la actividad declarada como sin destino fijo.

**En síntesis,** se podría decir que las cadenas de actividades diarias pasa de una estructura uni-funcional condicionada espacialmente (trabajo, estudio) en día laboral, a otra, también uni-funcional, pero espacialmente más diversa y variada, en día no laboral.

<sup>5</sup> La actividad es ocio y recreación



A continuación se presentan las características espacio temporales de las secuencias anteriores.

**Tabla IV.6.-** Características espacio temporales de las secuencias de actividades, RMB 2001

Secuencia de actividades	Tipo de día	Distancias diaria (km)		Tiempo diario (hr)		Partición del tiempo de viaje por modo de transporte en la cadena (%)							
		Recorrido	Alejamiento	Viaje	Duración	Caminata	Bicicleta	Bus	Metro/Tram	Tren	Taxi	Coche	Otro
casa-trabajo-casa	Laboral	14,9	6,1	1,0	8,2	7	1	15	20	13	0	44	1
	No laboral	13,2	5,4	1,0	7,7	9	1	15	26	12	0	36	0
casa-trabajo-casa-trabajo-casa	Laboral	16,6	6,5	1,4	8,6	21	1	10	18	4	0	45	0
	No laboral	16,8	6,7	1,4	8,8	21	1	12	13	2	0	50	0
casa-trabajo-casa-ocio-casa	Laboral	22,7	7,0	1,7	9,2	22	0	5	19	9	1	43	0
	No laboral	24,3	5,8	2,0	8,4	22	0	5	16	9	1	47	0
casa-trabajo-casa-social-casa	Laboral	17,0	4,9	1,5	7,9	28	0	9	13	5	0	45	0
	No laboral	22,6	6,9	1,4	7,8	22	1	9	6	7	2	53	0
casa-trabajo-casa-compras-casa	Laboral	16,8	5,6	1,4	8,2	35	0	6	20	3	0	35	0
	No laboral	21,8	6,5	1,7	8,2	15	0	22	25	4	0	35	0
casa-estudio-casa	Laboral	16,1	6,6	1,1	5,6	13	0	16	21	36	0	14	0
	No laboral	14,2	5,8	1,1	4,9	11	0	17	27	31	1	13	0
casa-estudio-casa-estudio-casa	Laboral	14,1	5,4	1,5	7,5	49	0	15	17	7	0	12	0
	No laboral	18,1	7,0	2,0	6,7	48	0	0	30	21	0	2	0
casa-estudio-casa-ocio-casa	Laboral	16,4	5,2	1,7	7,8	32	0	13	23	14	0	18	0
	No laboral	21,6	5,4	1,9	7,5	26	0	26	12	32	1	2	0
casa-compras-casa	Laboral	5,8	2,3	0,7	1,5	56	0	18	11	3	0	12	0
	No laboral	7,4	2,9	0,7	1,8	41	0	12	11	3	0	34	0
casa-compras-casa-social-casa	Laboral	12,2	3,8	1,4	3,0	68	0	11	5	1	2	12	0
	No laboral	15,5	5,0	1,5	5,1	40	0	5	25	0	1	28	0
casa-compras-casa-ocio-casa	Laboral	15,0	4,6	1,3	3,7	72	0	15	3	2	0	9	0
	No laboral	22,7	6,9	1,5	5,0	26	0	13	9	3	0	49	0
casa-personal-casa	Laboral	10,3	4,3	1,0	2,3	14	0	35	25	9	4	13	0
	No laboral	10,6	4,4	1,0	2,6	17	0	23	26	7	3	23	0
casa-social-casa	Laboral	9,4	3,9	0,9	3,0	17	0	32	23	7	1	20	0
	No laboral	12,3	5,1	1,0	4,0	15	0	16	21	9	1	39	0
casa-ocio-casa	Laboral	9,1	3,8	0,9	2,7	30	1	23	20	8	1	18	0
	No laboral	12,8	5,3	0,9	3,6	20	1	11	18	6	0	43	0
casa-sd.fijo-casa	Laboral	5,9	2,4	1,1	1,5	77	1	11	6	2	0	3	0
	No laboral	7,1	2,9	1,1	1,8	67	1	8	12	1	0	11	0
casa-sd.fijo-casa-sd.fijo-casa	Laboral	11,2	4,5	1,7	3,4	68	0	32	0	0	0	0	0
	No laboral	9,6	3,8	2,0	2,0	52	1	37	8	0	2	0	0

Fuente: Elaboración propia

De los valores presentados en la tabla IV.6 se puede verificar lo siguiente:

- Analizando la distancia total recorrida, se observa que en las familias de secuencias de actividades asociadas al trabajo y estudio, las cadenas simples recorren distancias menores que las pendulares, lo que es relativamente lógico. Pero lo interesante en estos casos es que esto no ocurre con el alejamiento, el que muestra valores relativamente constante, por lo que el área de desarrollo de estas actividades no cambia entre la secuencia simple y las pendulares.

En este mismo sentido, la situación antes descrita no ocurre para las secuencias de compras, en las que las secuencias pendulares aumentan tanto la distancia recorrida como el alejamiento, en relación a la secuencia simple.

En relación a las distancias, también se aprecia que las secuencias de trabajo y estudios disminuyen la distancia en día no laboral, mientras que el resto de secuencias aumenta las distancias en día no laboral.

Comparando entre familias de actividades, las mayores distancias son las de trabajo y estudio (siendo relativamente mayor la de estudio<sup>6</sup>, lo que se debe a la mayor partición modal del tren en su tiempo de viaje). Las secuencias simples de menores distancias son las de compras y sin destino fijo, mientras que las secuencias de actividades personales, sociales, y de ocio

<sup>6</sup> En este punto es necesario recordar que se analizaron personas mayores de 16 años, por lo que la actividad de estudio está directamente asociada a universitarios y estudiantes de centros de formación técnica.

presentan distancias intermedias (entre trabajo y compras), pero con un aumento significativo en el día no laboral.

- Al analizar el tiempo de viaje, y la partición modal de los mismos se aprecian situaciones variadas. En la relación cadenas simples y pendulares, se aprecia que los tiempos de viaje aumentan en las cadenas pendulares. No se distinguen grandes diferencias entre día laboral y no laboral.

Para las secuencias de trabajo, existe un predominio significativo del modo coche. Sin embargo, la participación del modo caminata aumenta significativamente en las secuencias pendulares, mientras que disminuye la participación de los modos de transporte público (y sobre todo bus y tren). Las secuencias asociadas a la actividad de estudio, presentan el mismo comportamiento antes descrito de aumento de participación de la caminata en las secuencias pendulares, pero en este caso los modos predominantes (que pierden participación en las secuencias pendulares) son los de transporte público.

Las secuencias de compras, ocio y recreación, y sin destino fijo presentan predominancia del modo caminata, seguido del modo transporte público.

En el caso de las actividades personales y sociales predomina el modo transporte público, seguido por el coche, y luego la caminata.

En las secuencias de compras, actividades sociales, personales, de ocio, y sin destino fijo, no se aprecian diferencias significativas en los tiempos totales de viaje entre día laboral y no laboral, aunque se registran un aumento significativo de la participación del modo coche el día no laboral, lo que se refleja en los aumentos de distancias mencionados en el punto anterior.

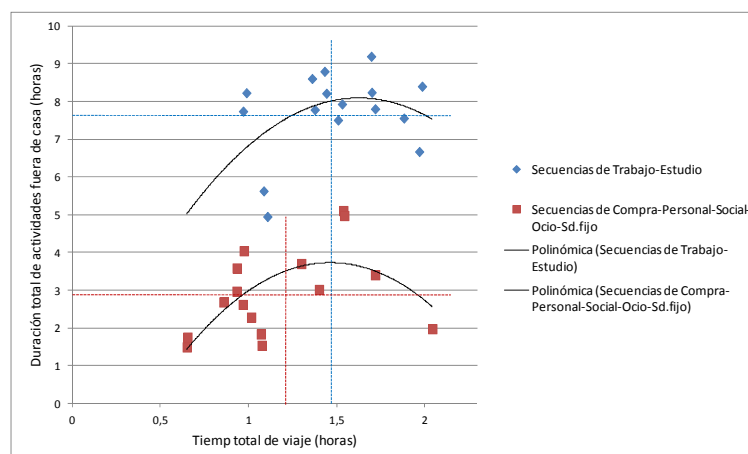
Finalmente, los tiempos totales de viaje de las secuencias de trabajo y educación son significativamente más altos que las otras familias de secuencias, lo que reafirma lo planteado en el punto anterior de la condicionante locativa de las primeras, en relación a la diversidad espacial de las segundas.

- Al analizar la duración total de actividades fuera de casa, se observan las siguientes situaciones. Primero se observa que lógicamente las secuencias asociadas a trabajo y estudio presentan mayores duraciones que las asociadas a las otras actividades (por la relativa imposición, y no elección, de los tiempos que duran estas actividades).

El comportamiento del día laboral y no laboral presenta situaciones distintas, ya que las secuencias de trabajo y estudios tienden a disminuir las duraciones en día no laboral, mientras que las otras secuencias tienden a aumentar las duraciones en día no laboral.

En la relación entre el tiempo total de viaje y la duración total, no se aprecia una relación lineal directa, sino más bien un comportamiento de saturación o restricción impuesta por el tiempo total disponible (como era de esperar). La figura IV.16 muestra el comportamiento de los valores presentados en la tabla IV.6, sin diferenciar día laboral del no laboral (ya que la restricción es indiferente del día).

**Figura IV.16.-** Relación entre el tiempo total de viaje y la duración total de actividades fuera de casa, para las secuencias de actividades, RMB 2001



Fuente: Elaboración propia

En la figura IV.16 se observa lo mencionado anteriormente respecto de la mayor duración de las secuencias de trabajo y estudio (en la gráfica se incluyen con línea punteada las medias de los tiempos de viaje y duración para cada tipo de secuencias). Las curvas de tendencia agregadas muestran este comportamiento de saturación antes mencionado, en el sentido que a medida que aumento el tiempo de viajes, la duración aumentan para luego disminuir, dada la restricción del tiempo total disponible en el día para el desarrollo de la cadena de actividades.

**En síntesis**, se podría decir que las secuencias de trabajo y estudio tienen un comportamiento característico en términos espaciales y temporales, presentando mayores distancias, tiempos de viaje, y duraciones, las que en general se contraen en el día no laboral. A medida que las secuencias se hacen pendulares, aumentan la partición de caminata en sus desarrollos, siempre manteniendo el predominio del modo coche en el caso del trabajo, y transporte público en estudio.

Por otra parte, las secuencias de compras, actividades personales, sociales, de ocio, y sin destino fijo, se caracterizan por distancias, tiempos de viaje y duraciones menores, con una significativa expansión de distancias y duración en el día no laboral, manteniéndose relativamente constante el tiempo de viaje total, por un aumento de participación del modo coche, a pesar de la predominancia del modo caminata y transporte público.

Finalmente es destacable el hecho que en las secuencias de actividades en las que se puede "elegir" tanto la localización como la duración, el tiempo de viaje se mantiene relativamente constante, apoyado en una reconfiguración de los modos de viaje elegido, pero la configuración espacial (o física) cambia.

Por otra parte, en las actividades donde no es posible la elección, existe una contracción generalizada de distancias tiempos y duraciones en el día no laboral. Producto de la disminución propia de la actividad en dichos días, o tal vez la predominancia de las interacciones locales (de menor tiempo).

La manera de sintetizar el comportamiento de la totalidad de la secuencia de actividades es a través de la probabilidad de transición entre las actividades, es decir, la probabilidad de desarrollar una actividad específica antes de desarrollar otra. En la tabla IV.7 se muestran las matrices de probabilidad de transición obtenidas por tipo de día.

**Tabla IV.7.-** Matriz de transición entre las actividades por tipo de día, RMB 2001

Día Laboral	Actividad								
Actv. anterior	Casa	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación	Sin destino fijo	Total
Casa origen	0,00	0,48	0,13	0,14	0,09	0,08	0,04	0,04	1,00
Casa	0,01	0,43	0,09	0,07	0,07	0,21	0,09	0,04	1,00
Trabajo	0,93	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	1,00
Estudio	0,95	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	1,00
Compras	0,94	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	1,00
Personal	0,88	0,02	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	1,00
Social	0,87	0,04	0,00	0,02	0,01	0,04	0,02	0,00	1,00
Ocio y recreación	0,85	0,07	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,00	1,00
Sin destino fijo	0,94	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	1,00

Día no laboral	Actividad								
Actv. anterior	Casa	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación	Sin destino fijo	Total
Casa origen	0,01	0,18	0,02	0,24	0,07	0,14	0,23	0,11	1,00
Casa	0,01	0,22	0,03	0,08	0,07	0,16	0,33	0,11	1,00
Trabajo	0,93	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	1,00
Estudio	0,92	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	1,00
Compras	0,93	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	1,00
Personal	0,87	0,01	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	1,00
Social	0,87	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04	0,05	0,01	1,00
Ocio y recreación	0,88	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,07	0,01	1,00
Sin destino fijo	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	1,00

Fuente: elaboración propia

En general las matrices de ambos días muestran la pendularidad ya detectada de las actividades hacia el hogar. En la primera columna de las matrices se observan las altas probabilidades de retornar a casa luego de desarrollar los distintos tipos de actividades fuera del hogar (la probabilidad promedio de esta columna es de 0,91 para ambos días). En las primeras dos filas se grafican las probabilidades de las actividades de destino, a partir del hogar (casa como origen de la cadena, o casa como actividad intermedia de paso).

En día laboral, se observa que la mayor probabilidad (al salir de casa como origen) la tiene ir al trabajo (0,48), seguido por compras y estudio (ambas del orden de 0,13). Cuando se retorna a casa, en alguna etapa intermedia, la mayor probabilidad de destino la sigue teniendo el ir al trabajo (0,43), pero ahora la segunda probabilidad es desarrollar actividades sociales (0,21, para acompañar o visitar a otras personas). Cuando se sale de una actividad que no sea trabajo ni estar en casa, las mayores probabilidades (aunque significativamente menores que retornar a casa) son de desarrollar la misma actividad (valores mayores en la diagonal), es decir, pasar de una compra a otra compra, y así para el resto de las actividades. En este sentido, sólo las actividades de ocio y sin destino fijo presentan una probabilidad significativa de retornar al trabajo.

El día no laboral presenta una estructura significativamente distinta a la anterior. Es así que del hogar (como origen), la mayor probabilidad es de ir a compras y recreación (ambas con un valor de 0,23), seguidas por trabajo (0,18), actividades sociales (0,14), y sin destino fijo (0,11). Luego de retornar a casa, la actividad de mayor probabilidad es recreación (0,33), seguida por trabajo (0,22). La transición entre actividades fuera del hogar presenta, al igual que en el día laboral,

probabilidades muy bajas. Sin embargo se observa que valores relativamente altos salen de la diagonal, es decir, no es sólo alta la probabilidad de desarrollar la misma actividad, sino que se desarrollan también otras actividades. Estas actividades complementarias son principalmente compras, actividades sociales, de ocio y recreación, y sin destino fijo.

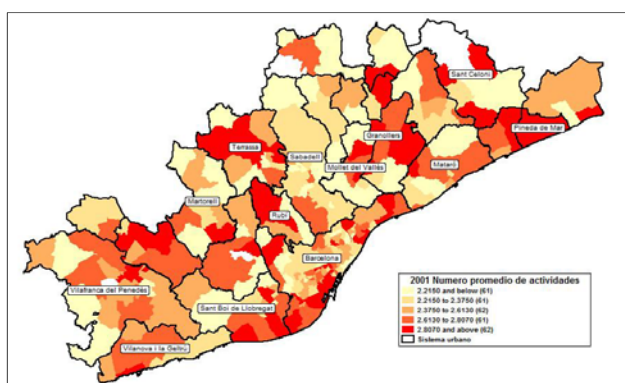
**En síntesis,** en las matrices de probabilidad de transición también se reflejan los comportamientos antes mencionados en relación a las diferencias entre día laboral y no laboral, los que tienen asociación directa a actividades condicionantes, y de no elección, de trabajo y estudio en el caso del día laboral, respecto de los días de desarrollo de actividades de elección, como son compras, sociales, personales, ocio y recreación, y sin destino fijo, en el caso del día no laboral.

La presentación de las características de las cadenas de actividades en el área de estudio, se enmarca sólo a algunos de los indicadores antes presentados, y se referirán sólo al día laboral.

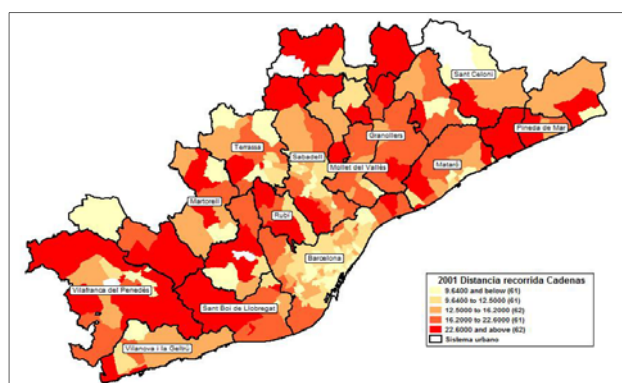
Cabe mencionar que el análisis de las cadenas en los territorios da cuenta sólo de donde se origina y termina la cadena de actividades, que corresponde principalmente al hogar.

**Figura IV.17.-** Características de las cadenas de actividades en el territorio; promedio del número de actividades y de la distancia recorrida, RMB 2001

a.- Número de actividades



b.- Distancia recorrida en el día



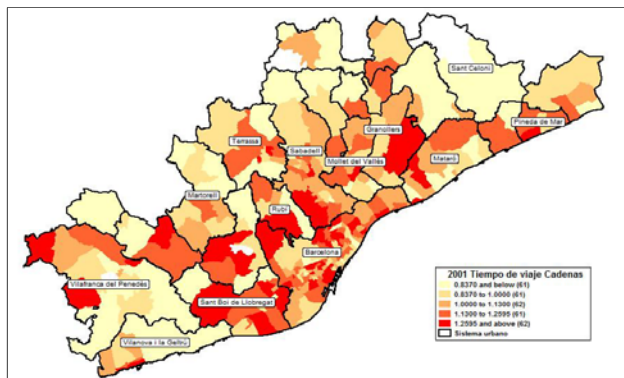
Fuente: elaboración propia

En relación al número medio de actividades de la cadena, la figura IV.17.a no muestra un patrón espacial claro de las zonas con mayor número de actividades. Se aprecia que al interior de Barcelona, tanto el centro como las zonas de Sant Andreu-Nou barris, y Sarrià son las de relativo mayor número de actividades. Se aprecian algunas concentraciones de alto número de actividades en torno de El Prat de Llobregat, Badalona, Mataró, Granollers, Terrassa, Martorell, y Vilanova i la Geltrú.

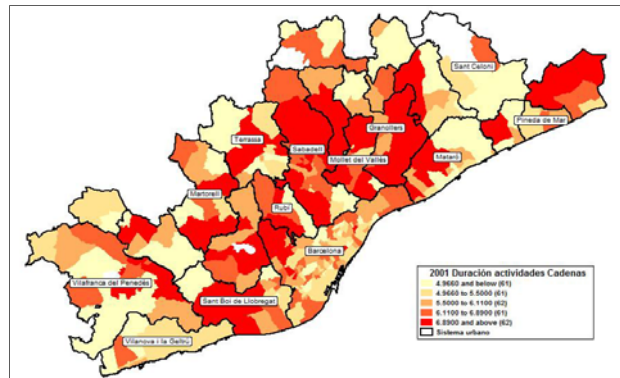
Por otra parte, la figura IV.17.b muestra la distancia total recorrida en el día laboral, en donde se reconoce una concentración de valores bajos en el sistema de Barcelona, al igual que en los centros de Terrassa, Sabadell, y Mataró. Fuera de estos puntos se observa una amplia periferia de altos valores de distancia diaria.

**Figura IV.18.-** Características de las cadenas de actividades en el territorio; promedio del tiempo y duración total de actividades, RMB 2001

a.- Tiempo total de viaje



b.- Duración total de actividades



Fuente: elaboración propia

En relación al tiempo total de viaje (figura IV.18.a), se aprecia un patrón en donde los valores altos se observan en las zonas centrales del sistema de Barcelona, y otros centros periféricos, siendo los valores más altos los de las zonas periféricas.

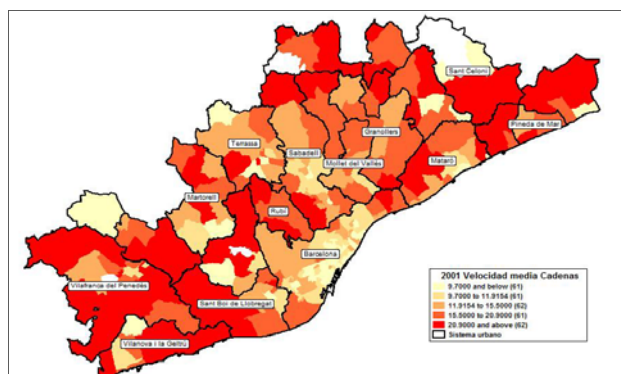
En relación a la duración total de las actividades fuera del hogar (figura IV.18.b), se aprecia un patrón central de bajos valores (duraciones relativamente más cortas), y una periferia generalizada de valores altos (entorno del sistema de Barcelona). De las graficas se verifica la no relación, aparente, entre los tiempos totales de viaje y de desarrollo de actividades.

Al estudiar la velocidad media diaria (figura IV.19.a) se aprecia el mismo patrón de las duraciones, con un centro de Barcelona (y otros centros en Terrassa, Sabadell, Mataró, y Martorell) de baja velocidad, siendo las zonas periféricas a dicho centro las de mayor velocidad. El comportamiento descrito para las velocidades no coincide con la distribución espacial de la proporción de tiempo viajado a pie (figura IV.19.b), en la que se aprecian puntos aleatoriamente dispersos por todo el area de estudio, con altos valores de dicha proporción (nótese que el valor máximo de la gráfica es de 0,45 y más).

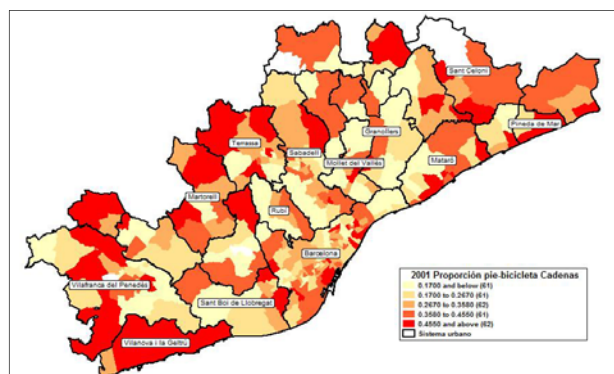


**Figura IV.19.-** Características de las cadenas de actividades en el territorio; velocidad media y proporción modal, RMB 2001

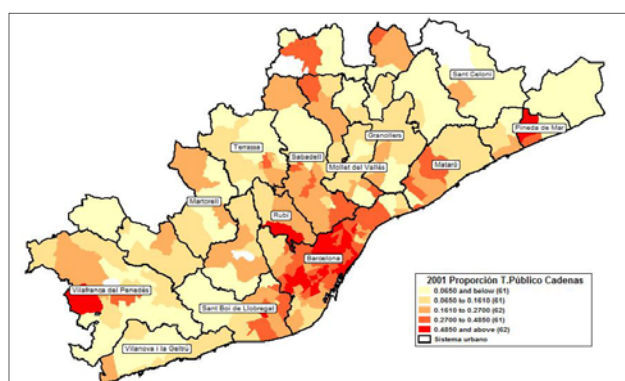
a.- Velocidad media día



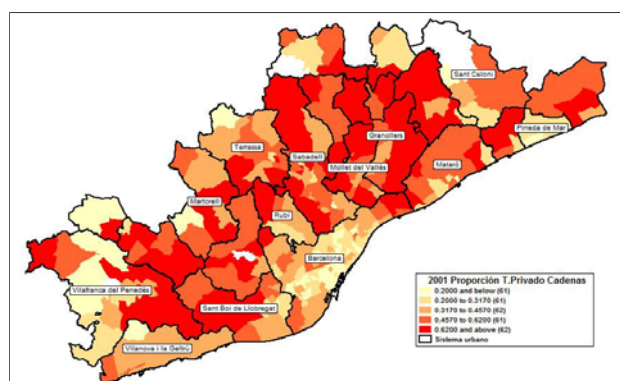
b.- Proporción de horas a Pie-bicicleta



c.- Proporción de horas en t.público



d.- Proporción de horas en t.privado



Fuente: elaboración propia

Finalmente, y complementando lo anterior, al analizar la distribución espacial de la proporción de horas viajadas en transporte público (figura IV.19.c) se aprecia la gran concentración central de altas proporciones (valores en torno al 0,4) principalmente en el sistema de Barcelona, y en los municipios conectados sobre todo por ferrocarril. En relación a la proporción de horas viajadas en transporte privado (figura IV.19.d) se aprecia una periferia generalizada de altas proporciones (valores máximos de 0,6), y al interior del municipio de Barcelona, valores relativamente más altos en las zonas de la Villa Olímpica, Sarrià, El Prat, y los municipios del corredor del Llobregat.

A continuación se muestran los valores medios de los indicadores presentados, por sistema urbano.

**Tabla IV.8.-** Características funcionales de las cadenas por sistema urbano, RMB 2001

Sistema urbano	Características de las cadenas del día laboral						
	Numero de actividades	Tiempo total de viaje (hr)	Duración de las actividades (hr)	velocidad media (Km/hr)	Proporción pie-bicicleta	Proporción T.Público	Proporción T.Privado
Barcelona	2,5	1,1	5,7	11,2	0,3	0,4	0,3
Sabadell	2,3	1,0	6,5	14,0	0,3	0,2	0,5
Terrassa	2,5	1,0	5,1	14,9	0,4	0,1	0,5
Rubí	2,8	1,1	6,5	20,0	0,2	0,3	0,5
Granollers	2,7	1,0	6,4	16,3	0,3	0,1	0,6
Mollet del Vallès	2,5	1,1	6,7	15,1	0,3	0,1	0,6
Mataró	2,5	1,0	5,6	18,6	0,4	0,2	0,4
Sant Boi de Llobregat	2,6	1,1	6,1	17,9	0,3	0,2	0,5
Vilanova i la Geltrú	2,7	0,9	5,1	19,1	0,5	0,1	0,4
Sant Celoni	2,7	0,6	5,1	27,3	0,6	0,1	0,4

Fuente: elaboración propia

De la tabla IV.8 no se parecía una variación significativa en el número de actividades, ni en el tiempo total de viaje, aunque el sistema de Sant Celoni escapa de esta regularidad. Analizando las duraciones se pueden detectar dos situaciones, que son posibles subcentros de interacción preferentemente interna como Barcelona, Mataró, Terrassa, Vilanova i la Geltrú, y Sant Celoni, con duraciones relativamente más bajas. La otra situación la presentan sistemas urbanos relativamente periféricos de los anteriores, con interacción preferentemente externa como Sabadell, Rubí, Granollers, Mollet y Sant Boi, con duraciones mayores.

Respecto de las velocidades medias, los valores se explican por la partición modal del tiempo de viaje, asociándose las velocidades menores a la combinación entre pie-bicicleta y transporte público (que es el caso de Barcelona). La predominancia del transporte privado aumenta las velocidades, aunque se dan alguna singularidades donde se combina pie-bicicleta y transporte privado, generando tanto altas (Sant Celoni, Vilanova i la Geltrú) como bajas velocidades (Terrassa, Mollet, etc.).

**En síntesis**, se puede decir que la estructura espacial de las cadenas muestra una configuración central de bajos valores de tiempos de viajes y duraciones de las actividades, los que por otra parte no se asocian sólo al modo pie-bicicleta, sino más bien al modo transporte público, sustentado en la gran cobertura de oferta que presenta la zona central de Barcelona. La participación del transporte privado, es mayoritario en la periferia de Barcelona y los otros centros, producto de la restringida cobertura de transporte público, y la alta oferta de infraestructura vial de autopistas en la periferia, lo que finalmente se representa en las altas velocidades medias.



#### 4.2.2 La funcionalidad de las actividades

Como se definió en el capítulo III, la funcionalidad de las actividades son las características, que de modo agregado, atribuye el comportamiento de la población, al desarrollo de las distintas actividades. Dicho de otro modo, la idea es analizar de forma independiente cada actividad, desarticulándola de la cadena.

Las dimensiones del análisis de funcionalidad presentadas en la metodología se pueden agrupar en dos grandes grupos. El primero, de funcionalidad individual, caracteriza el comportamiento estadístico tanto de las dimensiones espaciales y temporales del acceso, como las características temporales del desarrollo de la actividad. Dentro de este grupo se presentan las probabilidades funcionales.

El segundo grupo, de funcionalidad agregada, analiza las características de la intensidad y diversidad social de la actividad, y de la estructura espacial de las interacciones, identificando los protosistemas funcionales en el área de estudio.

##### 4.2.2.1 Características espaciales y temporales de las actividades (funcionalidad individual)

Recordando lo planteado en la metodología, este análisis responde a un enfoque de una persona tipo que desarrolla la actividad, el que se sintetiza en las distribuciones estadísticas de distintas variables. Las variables analizadas corresponden a:

- Hora de inicio de la actividad: que corresponde al comportamiento estadístico de la hora en que comienza el viaje de acceso a la actividad.
- Tiempo de viaje: que corresponde al comportamiento estadístico de los tiempos de viaje para acceder a la actividad.
- Duración: que corresponde al comportamiento estadístico del tiempo empleado por las personas en el desarrollo de la actividad (ver explicación en el apartado de metodología del capítulo III).
- Distancia recorrida: que corresponde al comportamiento estadístico de la distancia por red vial, recorrida hasta el destino en donde se desarrolla la actividad.
- Velocidad media: que corresponde al comportamiento estadístico de la velocidad calculada con la distancia recorrida y el tiempo de viaje antes mencionados, de cada viaje.
- Partición modal del tiempo de acceso: que corresponde a la proporción del tiempo viajado en cada modo (agregado) de transporte.

Respecto de la **hora de inicio** de las actividades, en la tabla IV.9 se muestran los valores de los percentiles más relevantes, con el fin de describir el comportamiento de la distribución estadística de la variable.

**Tabla IV.9.-** Distribución de la hora de inicio de las actividades, RMB 2001

Día	Percentil	Hora de inicio					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	6:25	7:25	9:25	8:40	8:28	9:55
	25	7:28	7:46	9:55	9:55	9:25	12:25
	50	8:28	8:27	10:30	10:58	13:55	16:25
	75	13:27	14:42	11:55	15:55	16:40	18:55
	90	15:55	16:25	16:55	17:45	17:55	20:55
No laboral	10	6:25	7:43	9:25	8:55	9:49	9:55
	25	7:39	7:55	9:55	9:55	10:55	11:49
	50	8:58	9:25	10:55	10:58	13:40	16:25
	75	13:55	14:55	11:55	15:55	16:55	18:40
	90	16:45	17:25	16:55	17:55	18:55	21:25

Fuente: Elaboración propia

En general se puede decir que en todas las actividades no se aprecian grandes diferencias entre el día laboral y el no laboral (las diferencias son en general menores del 10%).

Los inicios más tempranos (percentil 10) muestran que el trabajo y estudio son las primeras actividades en comenzar el día, seguidas de las actividades sociales y personales. Las actividades de inicio más tardío son compras y ocio y recreación, horarios que están sujetos a la apertura de los locales. En las horas de inicio medianas se observa que se mantienen como los más tempranos trabajo y estudio (8:28 y 8:27 hrs respectivamente), pero le siguen las actividades personales y de compras (10:30 y 10:58 hrs respectivamente), luego las actividades sociales (13:55 hrs), y finalmente ocio y recreación (16:25hrs). La hora de inicio más tardía (percentil 90) tiende a igualarse para las actividades, menos para ocio y recreación, actividad que presenta una hora significativamente más tardía.

De lo expuesto, llama la atención la regularidad de la hora de inicio de las actividades entre día laboral o no laboral, sobre todo para actividades distintas de trabajo y ocio, en el sentido que son estas las actividades que permiten la elección por parte de las personas.

En relación al **tiempo de viaje para acceder** a las actividades, en la tabla IV.10 se aprecia que existen dos actividades que presentan diferencias significativas entre los tiempos de acceso de día laboral y no laboral. Dichas actividades son estudio, en la que el tiempo de día no laboral es en promedio un 18% mayor que el día laboral (específicamente en los tiempos bajos), y las actividades sociales, en la que los tiempos del día no laboral son en promedio un 29% mayor que los del día laboral.

**Tabla IV.10.-** Distribución del tiempo de viaje de acceso a las actividades, RMB 2001

Día	Percentil	Tiempo de acceso (minutos)					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	10	7	10	10	8	11
	25	14	14	10	14	10	14
	50	19	29	14	25	14	18
	75	29	40	28	28	29	29
	90	44	55	28	56	44	44
No laboral	10	10	14	10	11	10	11
	25	14	19	10	14	14	14
	50	25	29	14	28	25	18
	75	29	43	25	28	29	29
	90	44	55	28	48	55	49

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de viaje menores son relativamente similares en ambos días. Es en los tiempos medianos en donde se aprecia diferencias significativas entre las actividades. Es así que considerando el promedio de ambos días, los menores tiempos medianos de acceso los tiene las actividades de compras y actividades sociales (con 14 y 19 minutos respectivamente), seguidos por ocio y recreación con 18 minutos, trabajo con 22 minutos, actividades personales con 26 minutos, y finalmente estudio con 29 minutos. En los viajes más largo se reafirma más claramente la contracción temporal que presentan las compras en relación a las otras actividades.

A modo de comparación de los valores obtenidos, en la tabla IV.11 se presentan los tiempos de viajes promedios diarios anuales que registran las estadísticas de HETUS (Harmonized European Time Use Survey) para algunos países (año 2001). De las estadísticas de usos del tiempo, sólo resultan ser comparables los resultados referidos a tiempos de viaje al trabajo, a compras, y a recreación.

**Tabla IV.11.-** Tiempos de viajes reportados por encuestas nacionales de otros países, año 2001

	Reino unido	Suecia	Slovenia	Noruega	Hungría	Alemania	Francia	Finlandia	Estonia
Tiempo de viaje media (min)	2002	2001	2001	2001	2001	2001	2002	2001	2001
Al trabajo	19	18	15	19	19	16	16	13	15
A compras	15	17	11	13	14	16		12	13
A recreación	31	30	21	34	17	32		30	23

Fuente: HETUS, EU

Como se puede apreciar, el tiempo mediano de viaje al trabajo en día laboral en la RMB en el año 2001 (19 min) está en el límite superior de los valores, siendo comparable con los promedios del Reino Unido, Noruega y Hungría. El tiempo mediano de viaje a compras en la RMB (14 min) está en el rango de variación de los valores presentados en la tabla (11 a 17 min), mientras que el tiempo mediano de viaje a ocio y recreación en la RMB (18 min) está por bajo el rango presentado, siendo comparable sólo con Hungría.

Si bien los métodos de las estadísticas mostradas no son comparables con el procedimiento seguido en esta tesis, lo rescatable es que los valores obtenidos están en los rangos registrados en otras estadísticas. Otra cosa rescatable es que en dichas estadísticas se calcula un promedio de los tiempos de viaje, siendo que como se ha planteado y demostrado, es una variable que tiene una distribución de probabilidad, generalmente asimétrica, por lo que el promedio no es el mejor indicador de comparación.

En relación a la **duración de las actividades**, en la tabla IV.12 se aprecia que existen diferencias significativas entre las duraciones de día laboral y no laboral. Es así que tanto el trabajo como el estudio disminuyen sus duraciones en día no laboral, del orden de un -4% y -17% respectivamente. En cambio el resto de actividades aumentan sus duraciones el día no laboral en un 26% en compras y actividades personales, 35% en ocio y recreación, y por sobre 100% en las actividades sociales (las duraciones son casi el doble). Estos resultados son coherentes con los obtenidos en el comportamiento de las cadenas, en el sentido de la expansión temporal y espacial del día no laboral de las actividades no ocupacionales u obligadas.

**Tabla IV.12.-** Distribución de la duración de las actividades, RMB 2001

Día	Percentil	Duración de la actividad (horas)					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	2,8	2,0	0,3	0,2	0,0	0,7
	25	4,0	3,5	0,7	0,8	0,1	1,3
	50	6,5	5,0	1,2	1,5	0,9	2,0
	75	8,7	6,2	1,8	2,3	2,5	2,8
	90	10,7	7,2	2,7	3,9	4,0	4,0
No laboral	10	2,6	1,4	0,5	0,3	0,4	0,8
	25	4,0	2,2	0,8	1,0	1,5	1,7
	50	5,9	4,5	1,5	1,7	2,7	2,8
	75	8,3	5,7	2,2	2,9	4,6	4,2
	90	10,9	7,2	3,3	4,9	6,8	5,4

Fuente: Elaboración propia

Al estudiar los valores se observa que las actividades condicionadas (en localización y horario), como el trabajo y los estudios presentan duraciones significativamente mayores que las no condicionadas. Las duraciones medianas de trabajo son del orden de las 6 horas, del estudio 4,8 horas, de compras 1,3 horas, de actividades personales de 1,6 horas, de ocio y recreación de 2,4 horas. Las actividades sociales pasan de 0,9 horas en día laboral, a 2,7 horas en día no laboral.

Llama la atención que el comportamiento de las compras no sea similar al de ocio y recreación, siendo que tradicionalmente las compras se asocian a altos grados de satisfacción por el consumo. Lo que se deduce de los resultados es que las compras, al igual que las actividades personales, responden a necesidad pragmáticas de las personas, por lo que se optimiza tanto su acceso como su duración, cosa que no ocurre con las actividades sociales y de ocio y recreación, que al parecer producirían mayor bienestar a la persona (pues es mayor tanto en duración como en tiempos de acceso).

Respecto de las **distancias recorridas para el acceso a las actividades**, de la tabla IV.13 se aprecia que existen diferencias significativas entre el día laboral y no laboral. Mientras la actividad de trabajo disminuye un -9,7% las distancias en día no laboral, las distancias de acceso a las actividades de compras aumentan un 21%, a actividades sociales un 50%, y a actividades de ocio y recreación un 37%. Las actividades de estudios y personales se puede decir que mantienen sus distancias recorridas, ya que varían menos de un 4%.

**Tabla IV.13.-** Distribución de la distancia recorrida en el acceso a las actividades, RMB 2001

Día	Percentil	Distancia recorrida en el acceso (Km)					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	1,1	1,1	0,7	1,0	0,8	0,9
	25	1,9	1,7	1,0	1,7	1,2	1,3
	50	3,8	3,7	1,7	2,8	2,0	2,2
	75	7,4	8,3	3,0	5,4	4,3	4,9
	90	14,8	17,3	6,1	9,4	7,8	9,1
No laboral	10	1,0	1,2	0,8	1,0	1,1	1,1
	25	1,8	1,9	1,1	1,7	1,7	1,7
	50	3,6	4,3	2,0	3,0	3,1	3,2
	75	7,0	8,0	4,1	5,7	6,7	6,5
	90	12,3	14,3	8,0	9,9	13,8	13,7

Fuente: Elaboración propia

Analizando los valores se observa que las actividades de trabajo y estudios presentan distancias significativamente mayores que el resto de actividades. Las

distancias medianas a trabajo son del orden de 3,7 Km, a estudio 4,0 Km, a compras 1,8 Km, a actividades personales 2,9 Km, a actividades sociales 2,5 Km, y a actividades de ocio y recreación 2,7 Km. El análisis de las distancias más lejanas realza la contracción espacial de las actividades no condicionadas (diferentes de trabajo y estudio), y específicamente de compras.

El comportamiento de las compras es coherente con la tradición (aún protegida por el planeamiento, aunque cuestionada por la Unión Europea) del comercio de barrio, que aún se da en Barcelona. Para entender el comportamiento de la actividad de estudios es necesario recordar que representa principalmente la lógica universitaria, por lo que la localización periférica de los grandes campus se refleja en los valores obtenidos (Zona Universitaria, Bellaterra, Sant Cugat, Gavá, etc.).

En la tabla IV.14 se presentan las **velocidades medias de acceso** a las distintas actividades, y también las particiones modales de los tiempos de viaje de acceso a las actividades, de manera de entender el comportamiento de las velocidades medias. Como se aprecia de la tabla de velocidades, existen diferencias significativas entre el día laboral y no laboral. Las velocidades medias de trabajo y estudio disminuyen un -8,2% y -12,3% respectivamente. Las velocidades de las otras actividades aumentan, un 21,1% en compras, un 4,5% en actividades personales, un 23% en actividades sociales, y un 18,6% en actividades de ocio y recreación.

En la tabla de particiones modales se observa que la disminución de la velocidad de acceso al trabajo se debe a una disminución del transporte privado en post del transporte público. La disminución de la velocidad de acceso a estudio se debe por una combinación entre la disminución del transporte público en post de un aumento del transporte privado y de la caminata-bicicleta. El aumento de la velocidad de compras se debe a una disminución de la caminata-bicicleta y el transporte público en post de un aumento del transporte privado. Ocurre lo mismo en las actividades personales, sociales, y de ocio y recreación, siendo más leve el aumento de las actividades personales, en relación a las actividades sociales y de ocio y recreación.

**Tabla IV.14.-** Distribución de la velocidad media del acceso a las actividades, y partición modal del tiempo de viaje, RMB 2001

		Velocidad media viaje (Km/hr)					
Día	Percentil	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	3,9	3,6	2,3	2,7	2,9	2,7
	25	6,1	5,8	3,9	4,5	4,3	4,7
	50	10,5	9,7	6,7	7,7	7,3	7,7
	75	18,4	17,2	12,0	12,9	12,3	13,6
	90	31,0	29,4	20,0	21,1	21,4	24,4
No laboral	10	3,4	3,4	2,9	2,9	3,1	2,9
	25	5,6	5,4	4,4	4,9	4,9	5,1
	50	9,9	9,1	8,1	7,9	8,8	9,2
	75	16,9	14,4	14,2	13,2	15,9	16,4
	90	28,9	21,3	25,2	21,7	30,6	32,6

		Partición modal del tiempo de viaje de acceso (%)					
Día	Modo	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	Pie-Bicicleta	12	18	58	20	31	36
	T. Público	46	68	28	62	41	40
	T. Privado	42	13	13	18	28	24
No laboral	Pie-Bicicleta	13	19	44	19	21	25
	T. Público	51	65	23	51	39	34
	T. Privado	36	17	32	29	40	41

Fuente: Elaboración propia

Resultado de lo antes expuesto, es que las velocidades medianas mayores corresponde al trabajo y estudios, con 10,2 Km/hr y 9,4 Km/hr respectivamente. Le sigue ocio y recreación con 8,4 Km/hr, actividades sociales con 8,0 Km/hr, actividades personales con 7,8 Km/hr, y finalmente compras con 7,4 Km/hr.

El comportamiento de las velocidades sintetiza lo anteriormente expuesto, en lo referente a los tiempos y distancias de acceso. Las actividades condicionadas (trabajo y estudio) por su carácter de actividad predefinida, origina que las personas accedan a ellas de manera más rápida, y en modos más flexibles y de poca incerteza en lo que a tiempos de acceso se refiere. En cambio, en las actividades poco condicionadas, las personas acceden de forma relativamente más lenta (con mayor incerteza respecto de los tiempos de viaje), en modos más condicionados, ya sea por oferta o por capacidad física (cobertura, frecuencias, etc.).

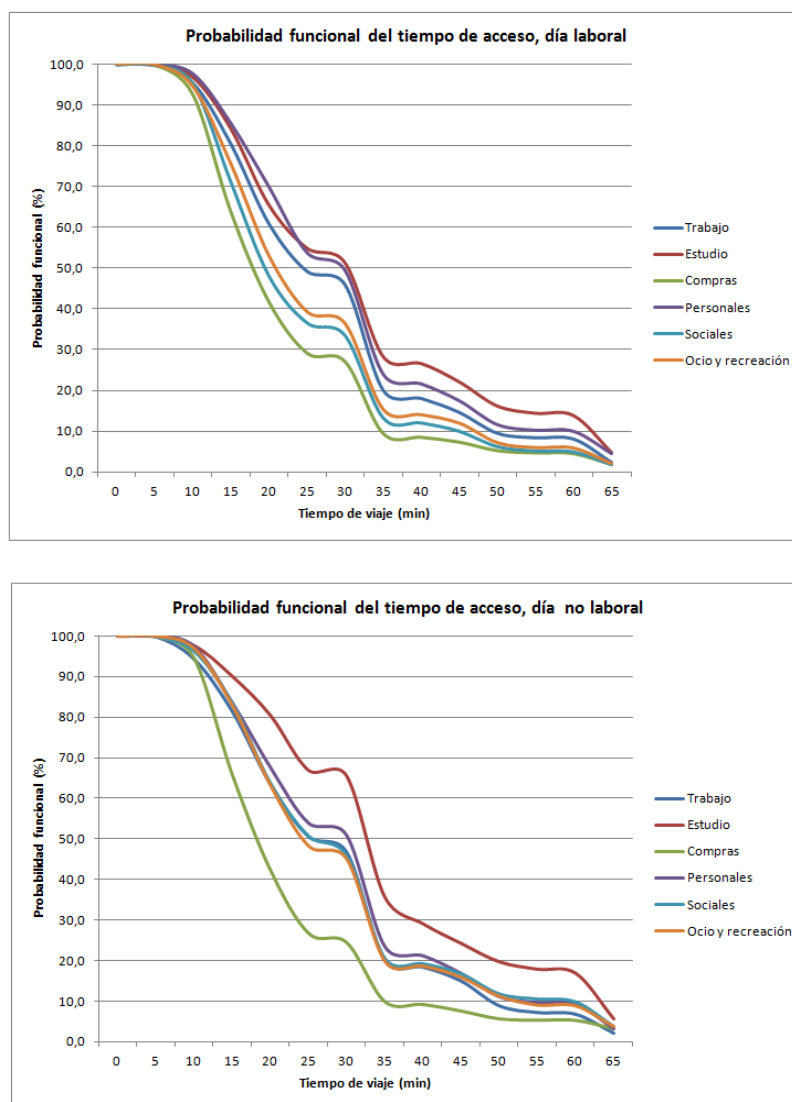
#### *4.2.2.2 Probabilidad funcionalidad de las actividades*

Así como las matrices de probabilidad de transición en las cadenas de actividades, la probabilidad funcional de las actividades es la que sintetiza lo antes expuesto, respecto del comportamiento temporal de las personas que desarrollan una actividad específica. Como se mencionó en la metodología, la probabilidad funcional muestra las preferencias de las personas en relación a los tiempos de viaje y a la duración de las distintas actividades. Es por lo anterior que se transforma en un indicador del comportamiento funcional global de la actividad, que lo resume del todo.

Como también se mencionó en el apartado metodológico del capítulo III, la probabilidad se analiza de forma parcial (para el tiempo de acceso a la actividad, y la duración de la misma por separado), y también de forma conjunta (considerando a la vez las condiciones de acceso y duración).

A continuación (figura IV.20) se presentan las gráficas de la probabilidad funcional del tiempo de acceso a las actividades analizadas.

**Figura IV.20.-** Probabilidad funcional parcial del tiempo de acceso a las actividades, RMB 2001



Fuente: Elaboración propia

Para analizar los valores de las curvas es necesario recordar que la probabilidad funcional<sup>7</sup> da cuenta de la preferencia mostrada por la población a gastar cierta cantidad de tiempo ya sea en el acceso o en el desarrollo de las actividades. A modo de ejemplo, se tiene que, en un día laboral, un viaje de 25 minutos, tiene una probabilidad de realizarse de un 49,2% si es para acceder al trabajo, una probabilidad de 54,8% si es de acceso a estudios, una probabilidad de 29,2% si es para acceder a compras, una probabilidad de 53,8% si es para actividades personales, una probabilidad de 37,6% si es para acceder a actividades sociales, y una probabilidad de 39,3% si es para acceder a actividades de ocio y recreación. Es decir, existen mayores probabilidades de viajar 25 minutos para acceder a estudio o trabajo o actividades personales, y muy baja probabilidad para acceder a compras. En definitiva, la probabilidad funcional refleja el comportamiento (probabilístico) de una persona tipo, residente en la RMB el año 2001, que se

<sup>7</sup> En rigor es una probabilidad acumulada inversa expresada en porcentaje, es decir, es un número entre 0 y 100, cuyo mayor valor indica la mayor probabilidad de dicho gasto de tiempo.

enfrenta a un tiempo de acceso de 25 minutos a una actividad determinada, que resulta de la "oferta" que le presenta el sistema de transporte, con toda su gama de modos de desplazamiento.

Aclarado lo anterior, en la gráfica del día laboral, se aprecian dos puntos de inflexión en el comportamiento de las pendientes de las curvas, de todas las actividades analizadas. El primer cambio de pendiente se da a los 25 minutos, manteniéndose hasta los 30 minutos, para finalmente bajar significativamente a los 35 minutos. Lo anterior más que responder a una lógica funcional propia de las personas de la RMB, es indicativo de que la frecuencia de los viajes de 30 minutos podría estar sobrevalorada, dado el sesgo de las respuestas en diarios de viaje exhaustivos, que produce una tendencia en las respuestas hacia particiones regulares de una hora (cuartos o media hora).

Independiente de lo anterior, para el día laboral se observan asociaciones en el comportamiento de las distintas actividades. Es así que las curvas de las actividades de trabajo, estudios, y personales (trámites y motivos sanitarios) mantienen las mayores probabilidades funcionales para todos los tiempos de viaje. A estas le siguen las actividades sociales y de ocio-recreación, y finalmente la actividad de compras, que es la de menor probabilidad funcional para todos los tiempos de viaje. Que las compras sea la de menor probabilidad funcional quiere decir que los tiempos de acceso a compras son los menores de todas las actividades, situación ya detectada en los análisis anteriores.

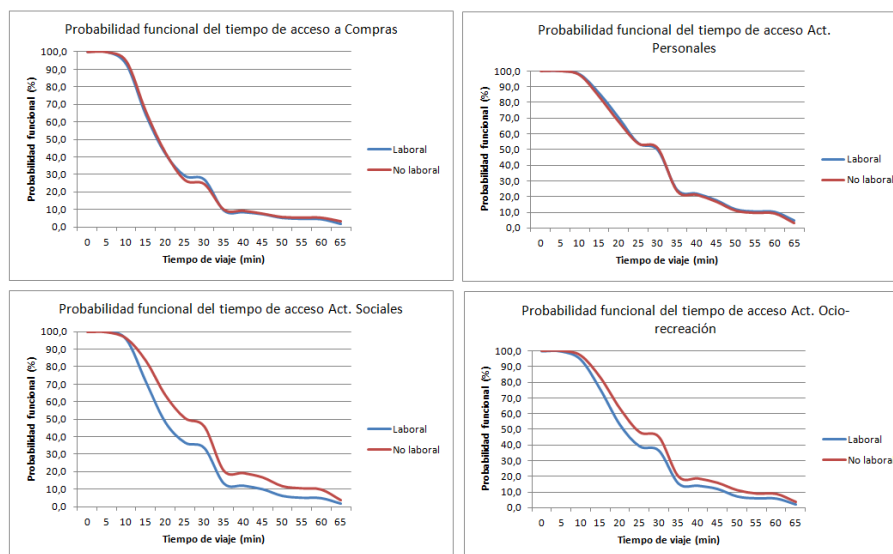
A partir de los 35 minutos de viaje, todas las actividades presentan bajos valores de probabilidad funcional, hasta que pasado los 60 minutos de viaje, todas las actividades muestran probabilidades menores del 10%.

En el día no laboral se aprecia otra estructura. El comportamiento de la actividad de estudios es relativamente particular, pues aumentan su probabilidad funcional, lo que responde al aumento de los tiempos de acceso ya verificado antes. La explicación de esta situación puede estar en que desaparecen los viajes de tiempos cortos, producto de la disminución significativa de personas en actividades de estudio en días no laborales, por lo que predominan los accesos a los centros de estudio periféricos del municipio de Barcelona (situación que ya se planteó en los puntos anteriores).

En relación a las actividades sociales y de ocio-recreación, el día no laboral aumentan sus probabilidades (figura IV.21), asimilándose a las curvas de trabajo y actividades personales. Esto significa que los tiempos de acceso a estas actividades aumentan, situación que ya se había verificado en los análisis anteriores. Por otra parte, la actividad de compras y actividades personales disminuye levemente su probabilidad funcional, lo que es reflejo de la contracción de los tiempos de acceso en el día no laboral (figura IV.21).



**Figura IV.21.-** Comparación de probabilidades funcionales del tiempo de acceso para actividades no ocupacionales (no obligadas), RMB 2001

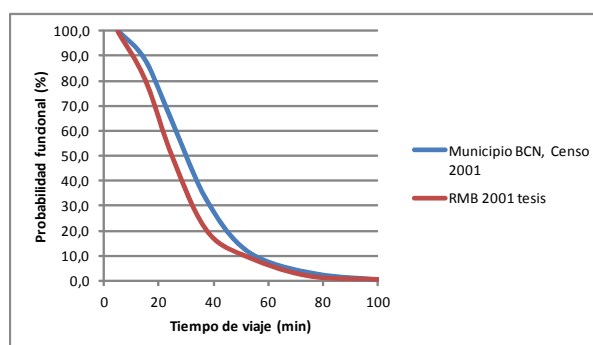


Fuente: Elaboración propia

A modo de comparación con otras fuentes de información, se analizó la estadística que entrega el Censo 2001, respecto de número de viajes al trabajo, según intervalo de tiempo de viaje, y modo de transporte. Con esta información se construyó la probabilidad funcional para el municipio de Barcelona. En la tabla IV.15 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla IV.15.-** Comparación de probabilidades funcionales de acceso al trabajo entre información del Censo 2001, y los resultados de la EMQ 2001 para la RMB

Categoría Censo 2001	Tiempo de comparación	Probabilidad funcional (%) Tiempo de viaje al trabajo	
		Municipio BCN, Censo 2001	RMB 2001 tesis
Menos de 10 minutos	5	100,0	99,9
Entre 10 y 20 minutos	15	88,2	80,5
Entre 20 y 30 minutos	25	63,1	49,2
Entre 30 y 45 minutos	35	32,2	20,0
Entre 45 minutos y 1 hora	50	11,8	9,5
Entre 1 hora y hora y media	75	3,3	1,8
Más de hora y media	100	0,5	0,5



Fuente: elaboración propia a partir de la información del Censo 2001.

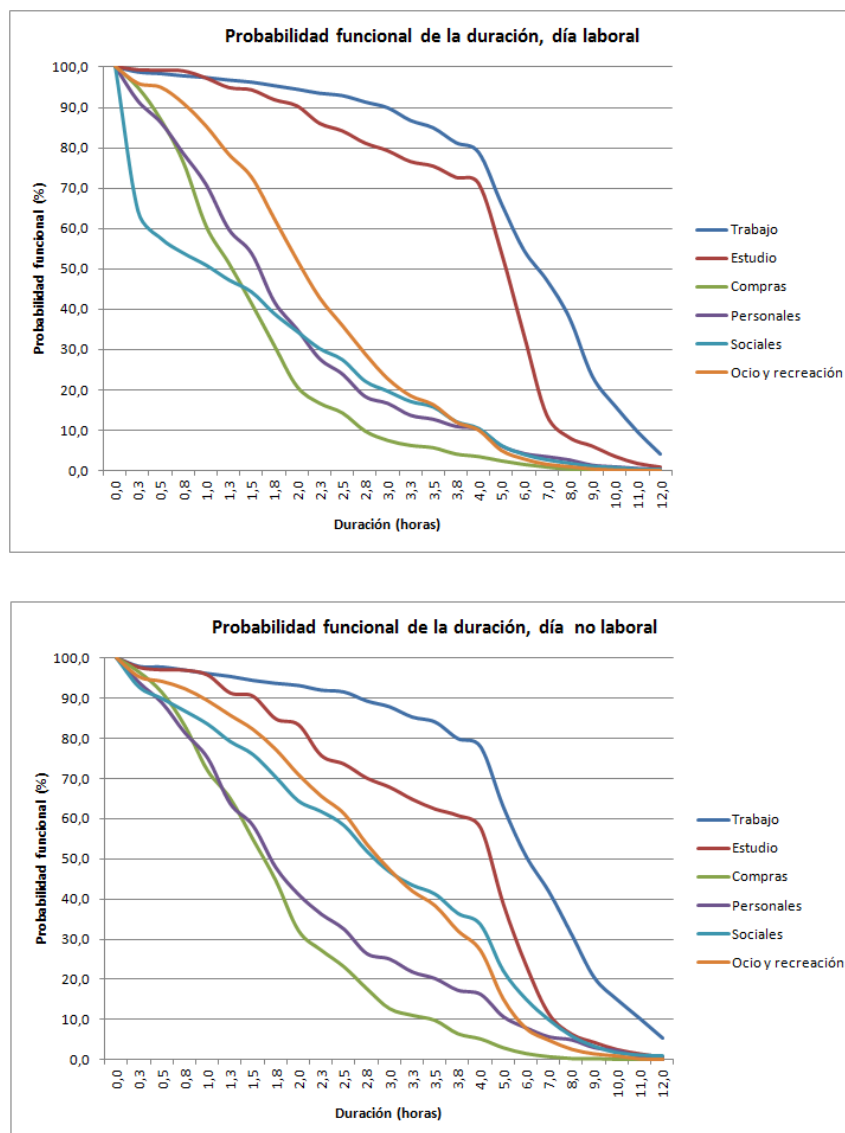
Por una parte, los valores del Censo 2001 y los resultados de la presente tesis para el año 2001, no son comparables, ya que; 1) se comparan resultados para el municipio de Barcelona con valores para la RMB, 2) la información del censo se

refiere a los viajes que salen del municipio de Barcelona (zona de origen), mientras que el análisis de la tesis se refiere a los viajes que llegan a trabajar (zona de destino). Pero, independientemente de lo anterior, se aprecia una "conformidad" en los comportamientos de las curvas (igual forma), a pesar de que los valores de la RMB están por bajo los del municipio de Barcelona, en promedio un -5,4%. Lo expuesto valida relativamente la coherencia de los resultados obtenidos, en términos de comportamiento y magnitud.

Un elemento muy importante que necesariamente se debe destacar de lo presentado es que el comportamiento de las personas diferencia el tiempo de viaje según la actividad que se desarrollará, es decir, presentan elasticidades diferenciadas por actividad. Esto va en contra del tradicional enfoque de evaluación de proyectos de transporte, en donde la disminución del tiempo genera un beneficio constante, o en algunos casos diferenciado por nivel socioeconómico (BID, 2006). Entonces, como se puede apreciar de la tabla, la disminución de 10 minutos del tiempo de viaje, no genera los mismos efectos en un viaje de 50 minutos, que en uno de 25 minutos, y tampoco es lo mismo para acceder a estudio, que para acceder a compras. Es este comportamiento de la población, el que se puede interpretar en términos de utilidad diferenciada por actividad, en términos de los umbrales de acceso por actividad, lo que revela que el valor del tiempo no tiene un efecto lineal.

En la figura IV.22 se presentan los resultados de la probabilidad funcional de la duración de las actividades.

**Figura IV.22.-** Probabilidad funcional parcial de la duración de las actividades, RMB 2001



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la probabilidad funcional de la duración, el ejemplo sería para un día no laboral, en la RMB, una duración de actividad de 2 horas tiene una probabilidad de realizarse de un 93,1% si es de trabajo, una probabilidad de 83,3% si es de estudio, una probabilidad de 32,1% si es de compras, una probabilidad de 41,2% si es de actividades personales, una probabilidad de 64,4% si es de actividades sociales, y una probabilidad de 70,9% si es de ocio y recreación. Es decir, existen mayores probabilidades de duración de 2 horas en actividades de trabajo o estudio o actividades sociales y de ocio-recreación, que en actividades personales y de compras. En este caso, la probabilidad funcional refleja el comportamiento (probabilístico) de una persona tipo, residente en la RMB el año 2001, que se enfrenta a desarrollar una actividad por 2 horas, que resulta de la lógica propia de la actividad. Importante es recalcar que la probabilidad no indica en ningún caso una situación de competencia en el desarrollo de actividades alternativas.

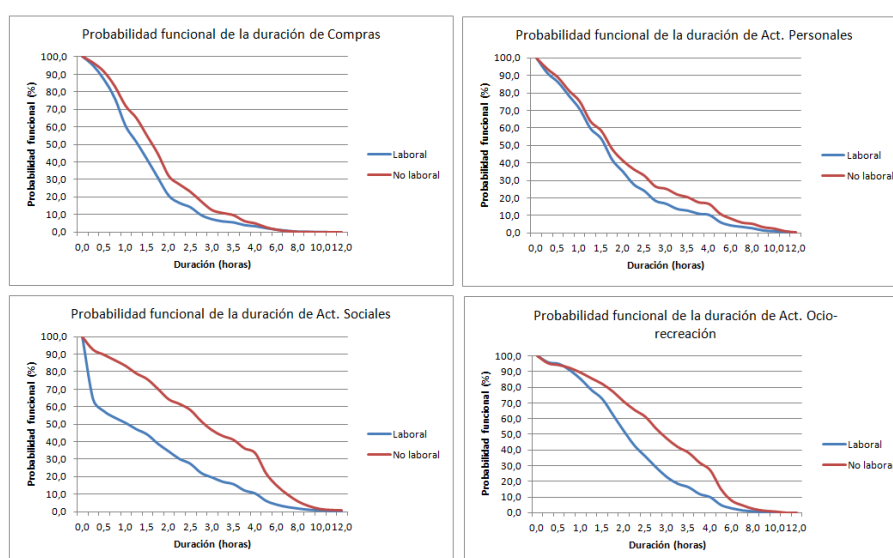
En la gráfica del día laboral, se aprecia un comportamiento más monótono<sup>8</sup> que las probabilidades de acceso. A pesar de esto, las actividades de trabajo y estudio presentan un punto de inflexión a las 4 horas de duración, que representa aproximadamente media jornada de trabajo.

En el día laboral se observan dos grupos de actividades asociadas. Por una parte están el trabajo y estudio, con altas probabilidades para altas duraciones (las que están determinadas por las lógicas propias de cada actividad).

Por otra parte están el resto de actividades, de duración de menor probabilidad funcional (es decir duraciones menores). En este grupo se observa que hasta 1,25 horas de duración, las actividades sociales presentan la menor probabilidad, y que a partir de dicho punto son las compras las de menores probabilidades. Esto se puede asociar al hecho que en día laboral, las actividades sociales están preferentemente enfocadas a acompañar personas (niños al colegio o hasta que lleguen los abuelos, y abuelos en sus residencias) más que la visita de amigos. Todas las actividades en este grupo muestran una significativa contracción de sus duraciones, dadas las significativas duraciones de trabajo y estudio (situación que ya se verificara en los análisis anteriores).

En la grafica del día no laboral se observa la disminución de las probabilidades de trabajo y estudio, y el aumento de las probabilidades, principalmente de actividades sociales y de ocio-recreación, y en menor grado las compras y actividades personales (figura IV.23). Esto ya se reflejaba en los resultados obtenidos en los puntos anteriores.

**Figura IV.23.-** Comparación de probabilidades funcionales de la duración de actividades no ocupacionales (no obligadas), RMB 2001



Fuente: Elaboración propia

En todo lo expuesto, ha sido reiterativo el argumento que lo que se aprecia en las curvas (y datos) de las probabilidades funcionales ya se había verificado en los análisis anteriores. Es por esto, la connotación de síntesis parcial de los fenómenos

<sup>8</sup> De decaimiento o crecimiento gradual, sin cambios significativos en las pendientes de las curvas.

de acceso y desarrollo de las actividades, que se le otorga a este nuevo indicador denominado probabilidad funcional. Pero además de este carácter sintético, surge nueva información al ver el fenómeno en su conjunto, y comparado entre actividades, que potencian análisis de variados tipos, como por ejemplo; 1) de equidad social al definir políticamente umbrales de tiempos de acceso a distintas actividades, por colectivos, 2) de carácter económico espacial, analizando la competitividad real de distintos servicios en el espacio, y el rol del sistema de transporte en esta competencia.

Lo importante ahora es integrar las distintas probabilidades funcionales del tiempo de acceso y duración, en lo que se ha denominado la probabilidad funcional conjunta. Esta integración busca mostrar la probabilidad de la combinación de tiempo de acceso y duración, que son las dimensiones definidas como estructurantes de cualquier actividad.

En la tabla IV.16 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de la actividad de trabajo. En este punto es necesario recordar que la probabilidad conjunta, es una estandarización al valor máximo registrado en la tabla de doble entrada de frecuencias, es decir, el valor 100 se asigna a la mayor frecuencia registrada en la matriz (moda).

Para ejemplificar la lectura de esta tabla, se tiene que en un día laboral del año 2001, lo más probable (100%) que hiciese un trabajador era viajar entre 15 y 30 minutos, y trabajar entre 8 y 8,5 horas. Mientras que el día no laboral, la situación más probable se mantiene entre 15 y 30 minutos de viaje, pero la duración baja al intervalo entre 4,0 y 4,5 horas.

**Tabla IV.16.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividad trabajo, RMB 2001

Día laboral						Día no laboral					
2001	Tiempo de viaje (hr)					2001	Tiempo de viaje (hr)				
Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
0 - 0,5	9	20	12	5	2	0 - 0,5	13	25	12	15	8
0,5 - 1,0	9	11	8	1	0	0,5 - 1,0	16	25	3	4	6
1,0 - 1,5	6	12	9	3	3	1,0 - 1,5	4	21	7	20	4
1,5 - 2,0	11	22	17	2	1	1,5 - 2,0	5	16	17	1	0
2,0 - 2,5	7	17	13	5	5	2,0 - 2,5	6	19	21	4	3
2,5 - 3,0	25	29	30	6	2	2,5 - 3,0	30	39	48	1	1
3,0 - 3,5	46	56	34	8	6	3,0 - 3,5	15	48	43	6	11
3,5 - 4,0	50	73	54	6	1	3,5 - 4,0	61	77	57	6	1
4,0 - 4,5	51	90	56	12	12	4,0 - 4,5	47	95	46	19	8
4,5 - 5,0	40	55	52	8	4	4,5 - 5,0	74	100	86	6	9
5,0 - 5,5	57	71	54	10	10	5,0 - 5,5	32	70	75	28	7
5,5 - 6,0	35	57	45	6	5	5,5 - 6,0	38	73	70	6	2
6,0 - 6,5	32	38	29	12	10	6,0 - 6,5	38	34	49	24	11
6,5 - 7,0	19	40	36	3	2	6,5 - 7,0	11	52	56	10	1
7,0 - 7,5	27	57	46	9	15	7,0 - 7,5	42	74	34	9	12
7,5 - 8,0	23	44	52	5	4	7,5 - 8,0	41	56	59	9	7
8,0 - 8,5	64	100	81	16	26	8,0 - 8,5	41	68	81	12	16
8,5 - 9,0	15	51	57	13	9	8,5 - 9,0	17	53	51	6	7
9,0 - 9,5	12	29	34	15	18	9,0 - 9,5	7	29	25	16	20
9,5 - 10,0	10	37	53	11	2	9,5 - 10,0	12	25	29	7	1
> 10,0	3	9	12	4	4	> 10,0	4	9	11	5	2

Fuente: Elaboración propia

Analizando el patrón del día laboral, se observa probabilidades significativas (por sobre 20%) en tiempo de viaje hasta 0,75 horas, con dos concentraciones en duraciones entorno de las 4 y 8,5 horas. Para el día no laboral se observa un patrón similar que el día laboral, con la homogeneización de las duraciones intermedias, y un aumento significativo de los viajes hasta 0,5 horas. La probabilidad máxima se mantiene en tiempo de viaje, pero pasa de una duración de

8 horas, a 4 horas (media jornada), como se verificará en el análisis parcial de las duraciones.

En general no se aprecian cambios significativos en esta actividad, entre día laboral y no laboral. La explicación a esta situación puede ser que la actividad trabajo no cambia según tipo de día, sino que hay trabajos que no se realizan, por lo que ganan participación los trabajos de menor duración, pero su tiempo de viaje es el mismo (no hay elección en este sentido).

En la tabla IV.17 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de la actividad de estudio.

**Tabla IV.17.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividad de estudio, RMB 2001

Día laboral						Día no laboral					
2001	Tiempo de viaje (hr)					2001	Tiempo de viaje (hr)				
Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
0 - 0,5	4	8	1	2	1	0 - 0,5	2	13	8	0	11
0,5 - 1,0	36	6	2	1	0	0,5 - 1,0	12	5	0	0	0
1,0 - 1,5	11	37	8	4	7	1,0 - 1,5	5	22	2	1	13
1,5 - 2,0	22	32	32	3	3	1,5 - 2,0	11	27	45	7	0
2,0 - 2,5	24	57	40	10	11	2,0 - 2,5	21	34	23	5	34
2,5 - 3,0	12	54	29	4	5	2,5 - 3,0	4	37	21	10	0
3,0 - 3,5	10	17	31	9	16	3,0 - 3,5	7	11	42	0	9
3,5 - 4,0	7	37	38	9	8	3,5 - 4,0	2	15	25	0	17
4,0 - 4,5	12	66	53	29	26	4,0 - 4,5	11	13	24	20	5
4,5 - 5,0	29	79	65	14	11	4,5 - 5,0	2	44	94	7	3
5,0 - 5,5	32	85	68	34	30	5,0 - 5,5	9	16	100	8	7
5,5 - 6,0	41	85	68	11	9	5,5 - 6,0	14	7	32	0	0
6,0 - 6,5	28	62	100	22	35	6,0 - 6,5	13	31	34	9	21
6,5 - 7,0	57	69	60	13	6	6,5 - 7,0	0	9	25	5	0
7,0 - 7,5	24	23	32	9	13	7,0 - 7,5	8	13	10	4	0
7,5 - 8,0	5	11	10	1	2	7,5 - 8,0	0	0	22	0	7

Fuente: Elaboración propia

El día laboral muestra una distribución expandida tanto en duración como en viaje, con mayores probabilidades para duraciones entorno a las 6 horas, y viajes entre 0,25 y 0,75 horas. En el día no laboral se aprecia una pérdida generalizada de probabilidad, manteniéndose el pico entre 0,5 y 0,75 horas de viaje, y 5,5 horas de duración. En general la frecuencia de personas que desarrollan la actividad de estudio en día no laboral es muy baja, por lo que se observan comportamientos muy particulares, como los aumentos de tiempos de viaje, y reducción de duraciones, esto en un contexto que esta no es una actividad que permita elección alguna.

En la tabla IV.18 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de la actividad de compras.

**Tabla IV.18.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividad de compras, RMB 2001

Día laboral					Día no laboral				
2001	Tiempo de viaje (hr)				2001	Tiempo de viaje (hr)			
Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00
0 - 0,5	57	22	9	4	0 - 0,5	38	18	7	0
0,5 - 1,0	100	79	16	3	0,5 - 1,0	92	61	8	1
1,0 - 1,5	60	59	20	5	1,0 - 1,5	58	65	18	2
1,5 - 2,0	40	71	39	2	1,5 - 2,0	52	100	35	3
2,0 - 2,5	7	19	18	4	2,0 - 2,5	11	37	18	3
2,5 - 3,0	5	19	23	2	2,5 - 3,0	21	37	25	4
3,0 - 3,5	1	4	5	1	3,0 - 3,5	5	6	9	3
3,5 - 4,0	3	3	9	0	3,5 - 4,0	5	18	13	0
4,0 - 4,5	1	1	1	0	4,0 - 4,5	2	3	2	2
4,5 - 5,0	0	1	2	0	4,5 - 5,0	1	1	3	0

Fuente: Elaboración propia

En las graficas de la tabla se aprecia la relativa contracción temporal de la actividad de compras en el día laboral, mientras que en el día no laboral se expande temporalmente, de preferencia en la duración. El pico máximo pasa de 15 minutos de viaje, y una duración de 1 hora, a 30 minutos de viaje, y una duración de 2 horas. Esto sintetiza todo lo antes presentado en relación a esta actividad.

Interesante de destacar es que en esta actividad, que presenta la mayor posibilidad de elección, no son los tiempos ni las duraciones menores las de mayor probabilidad. La grafica muestra un comportamiento de expansión en la dirección de la diagonal, es decir que la mayor des-utilidad<sup>9</sup> del tiempo de viaje se suple con la mayor utilidad de la duración de la compra.

En la tabla IV.19 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de las actividades personales.

**Tabla IV.19.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividades personales, RMB 2001

Día laboral						Día no laboral					
2001	Tiempo de viaje (hr)					2001	Tiempo de viaje (hr)				
Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
0 - 0,5	48	72	27	10	3	0 - 0,5	43	84	36	5	5
0,5 - 1,0	42	86	47	10	6	0,5 - 1,0	41	89	70	11	9
1,0 - 1,5	28	80	64	22	7	1,0 - 1,5	62	100	76	24	4
1,5 - 2,0	26	100	84	12	9	1,5 - 2,0	43	100	95	20	16
2,0 - 2,5	9	32	55	18	22	2,0 - 2,5	16	34	38	25	20
2,5 - 3,0	6	34	39	6	3	2,5 - 3,0	6	41	57	10	3
3,0 - 3,5	3	12	17	5	9	3,0 - 3,5	8	8	29	12	20
3,5 - 4,0	4	8	14	2	1	3,5 - 4,0	6	21	36	1	0
4,0 - 4,5	2	7	5	2	5	4,0 - 4,5	3	17	10	3	13
4,5 - 5,0	5	6	12	3	0	4,5 - 5,0	0	15	19	2	0

Fuente: Elaboración propia

En las graficas de la tabla se aprecia la relativa expansión temporal del día no laboral de las actividades personales, aunque la configuración del día laboral no es tan contraída como en el caso de las compras. Esto quiere decir que las actividades involucradas presentan cierto condicionamiento de localización y de horas de servicios. Los picos máximos se mantienen entre día laboral y no laboral, en 30 minutos de viaje, y 2 horas de duración.

<sup>9</sup> Bajo el enfoque tradicional de transporte.

En la tabla IV.20 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de las actividades sociales.

**Tabla IV.20.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividades sociales, RMB 2001

Día laboral		Tiempo de viaje (hr)					
2001		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	
Duración (hr)							
0 - 0,5	100	91	31	5	1		
0,5 - 1,0	11	10	12	1	1		
1,0 - 1,5	9	13	8	3	2		
1,5 - 2,0	14	21	13	3	1		
2,0 - 2,5	6	14	11	4	3		
2,5 - 3,0	4	18	18	1	1		
3,0 - 3,5	2	8	5	3	2		
3,5 - 4,0	4	11	11	2	1		
4,0 - 4,5	1	3	4	1	1		
4,5 - 5,0	1	4	5	1	0		
5,0 - 5,5	0	1	2	1	1		
5,5 - 6,0	1	3	2	0	0		
6,0 - 6,5	1	1	1	1	0		
6,5 - 7,0	0	2	0	1	0		
7,0 - 7,5	0	1	0	0	0		
7,5 - 8,0	0	1	1	0	0		

Día no laboral		Tiempo de viaje (hr)					
2001		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	
Duración (hr)							
0 - 0,5	45	86	31	11	7		
0,5 - 1,0	40	34	28	7	4		
1,0 - 1,5	14	66	21	14	21		
1,5 - 2,0	39	100	66	6	3		
2,0 - 2,5	10	50	28	15	6		
2,5 - 3,0	51	77	67	8	2		
3,0 - 3,5	7	45	26	11	13		
3,5 - 4,0	19	51	59	6	0		
4,0 - 4,5	11	17	22	7	7		
4,5 - 5,0	18	60	54	6	8		
5,0 - 5,5	7	11	12	6	3		
5,5 - 6,0	16	36	31	6	1		
6,0 - 6,5	7	13	16	5	2		
6,5 - 7,0	8	18	15	6	3		
7,0 - 7,5	2	3	6	3	13		
7,5 - 8,0	2	11	22	7	1		

Fuente: Elaboración propia

De las graficas de la tabla queda clara la alta contracción temporal de las actividades sociales en el día laboral, y la significativa expansión temporal tanto en duración como en tiempo de viaje en el día no laboral. El pico de mayor probabilidad pasa de 15 minutos de viaje y 30 minutos de duración en día laboral, a 30 minutos de viaje y 2 horas de duración en día no laboral.

Lo anterior aclara la sospecha de que las actividades sociales del día laboral se asocian a acompañar a personas, mientras que en día no laboral se asocian a visitar a amigos y/o familiares.

En la tabla IV.21 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de las actividades de ocio y recreación.

**Tabla IV.21.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividades de ocio y recreación, RMB 2001

Día laboral		Tiempo de viaje (hr)					
2001		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	
Duración (hr)							
0 - 0,5	12	14	13	3	5		
0,5 - 1,0	44	34	9	5	4		
1,0 - 1,5	38	50	25	8	5		
1,5 - 2,0	56	100	37	10	2		
2,0 - 2,5	31	68	41	17	6		
2,5 - 3,0	37	52	36	2	5		
3,0 - 3,5	4	21	23	9	8		
3,5 - 4,0	8	23	29	3	1		
4,0 - 4,5	2	10	9	1	2		
4,5 - 5,0	4	9	12	1	0		
5,0 - 5,5	2	4	4	1	1		
5,5 - 6,0	3	4	2	0	0		
6,0 - 6,5	5	0	2	1	0		
6,5 - 7,0	0	2	2	1	0		

Día no laboral		Tiempo de viaje (hr)					
2001		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	
Duración (hr)							
0 - 0,5	15	32	24	7	6		
0,5 - 1,0	29	37	9	4	5		
1,0 - 1,5	32	41	32	12	7		
1,5 - 2,0	49	90	47	7	4		
2,0 - 2,5	30	63	41	23	13		
2,5 - 3,0	48	98	90	8	3		
3,0 - 3,5	11	52	53	18	20		
3,5 - 4,0	32	100	52	9	5		
4,0 - 4,5	12	25	28	11	9		
4,5 - 5,0	13	51	57	5	2		
5,0 - 5,5	5	25	24	11	5		
5,5 - 6,0	10	25	21	2	1		
6,0 - 6,5	6	4	8	3	7		
6,5 - 7,0	2	10	9	2	0		

Fuente: Elaboración propia



De las graficas nuevamente queda clara la significativa expansión temporal tanto en duración como en tiempo de viaje en el día no laboral, pero en este caso el día laboral no presenta una contracción temporal fuerte.

El pico de mayor probabilidad pasa de 30 minutos de viaje y 2 horas de duración en día laboral, a 30 minutos de viaje y 4 horas de duración en día no laboral. La mayor variación se da en la duración de estas actividades.

***En síntesis** se puede decir que tanto la probabilidad conjunta, como las probabilidades parciales representan de buena manera el comportamiento temporal de las personas en el desarrollo de las actividades, ratificando las diferencias presentadas en el análisis detallado de las variables, y dando la imagen global del fenómeno en la RMB al año 2001.*

*Las actividades condicionadas de trabajo y estudio presentan una gran expansión temporal (en tiempo de viaje y duración) el día laboral, la que se contrae relativamente el día no laboral. Esta contracción no es de gran magnitud, dado que el trabajo y el estudio no cambian su localización ni su forma de realización.*

*Luego se identifica otro grupo de actividades que presentan un menor condicionamiento, y una mayor posibilidad de elección. Estas actividades son las compras y actividades personales, que si bien registran una expansión temporal el día no laboral, dichas actividades muestran un comportamiento de una actividad que es necesario hacerla, pero que no reporta gran bienestar o beneficio el desarrollarla.*

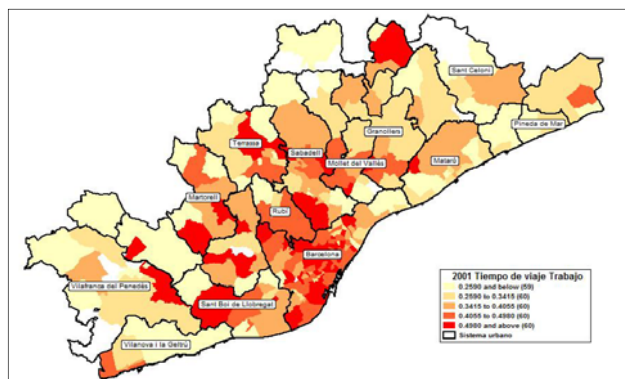
*Finalmente se aprecia que las actividades sociales y de ocio-recreación si presentan un mayor bienestar en su desarrollo, por lo que se expanden significativamente sus comportamientos temporales, principalmente las duraciones, y en segundo lugar el tiempo de acceso. Las actividades sociales del día laboral son diferentes de las del día no laboral, lo que se refleja en los comportamientos parciales y conjuntos.*

El análisis espacial de las características funcionales de las actividades se referirá sólo al día laboral, y a los indicadores de tiempo de acceso y duración. El análisis se realizará a nivel de sistema urbano.

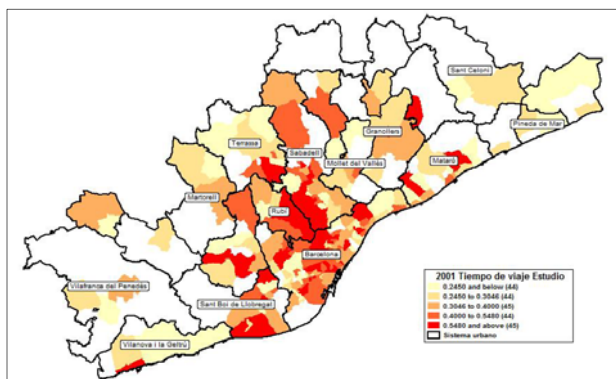
En la figura IV.24 se presentan las distribuciones espaciales de los tiempos de acceso a las distintas actividades analizadas.

**Figura IV.24.** - Tiempos de acceso del día laboral, RMB 2001

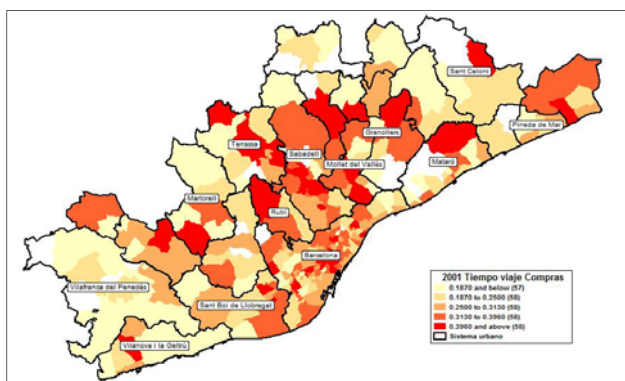
a.- Trabajo



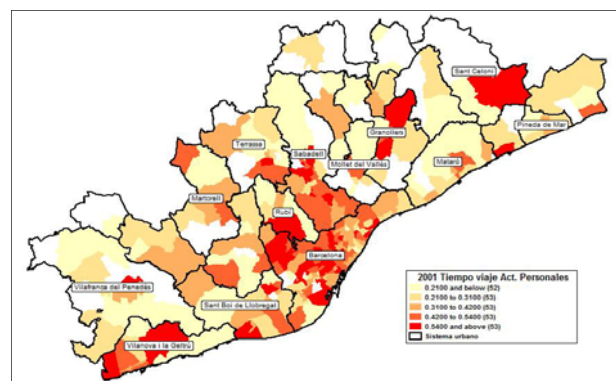
b.- Estudio



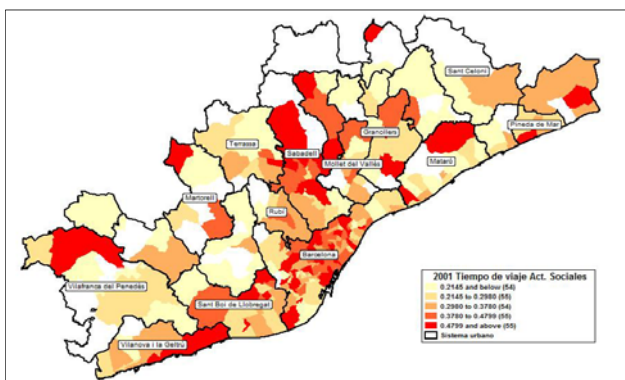
c.- Compras



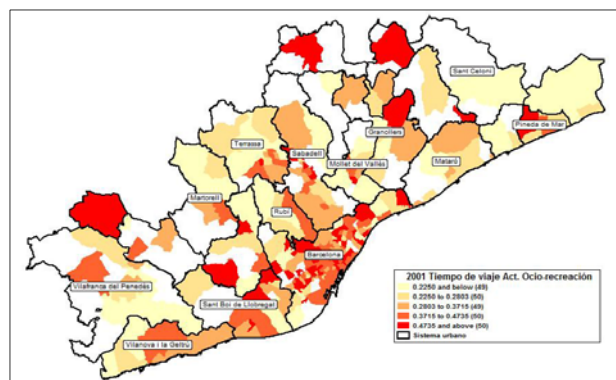
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

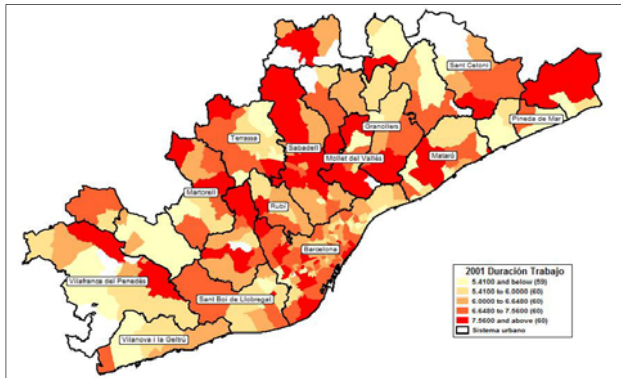
En general los valores altos se encuentran en los sistemas urbanos centrales, lo que se refleja en que el tiempo de acceso al trabajo mayor lo presenta Barcelona con 0,46 horas, el tiempo de acceso a estudio lo presentan Vilanova i la Geltrú con 0,49 horas (pero seguido por Barcelona con 0,46 horas), el mayor tiempo de acceso a compras lo presenta Rubí con 0,53 horas, el mayor tiempo de acceso a servicios personales lo presenta Sabadell 0,51 horas, para acceder a actividades sociales son Barcelona y Sabadell con 0,41 horas, y para las actividades de ocio y recreación son los sistemas de Barcelona y Sant Boi los que presentan mayores valores (0,46

horas). Los menores tiempos de acceso a todas las actividades se dan preferentemente en Sant Celoni, seguido por Vilafranca del Penedès.

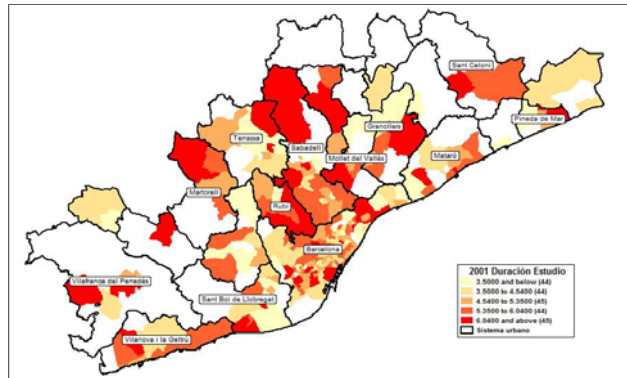
En la figura IV.25 se presentan las distribuciones espaciales de las duraciones de las distintas actividades analizadas.

**Figura IV.25.-** Duración de las actividades en día laboral, RMB 2001

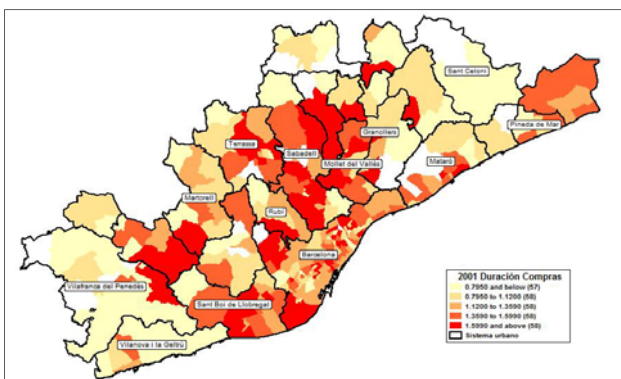
a.- Trabajo



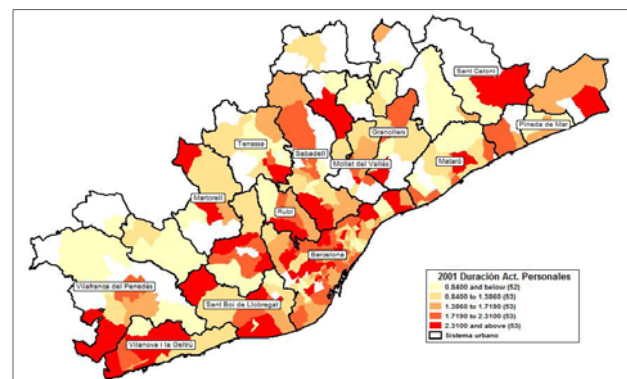
b.- Estudio



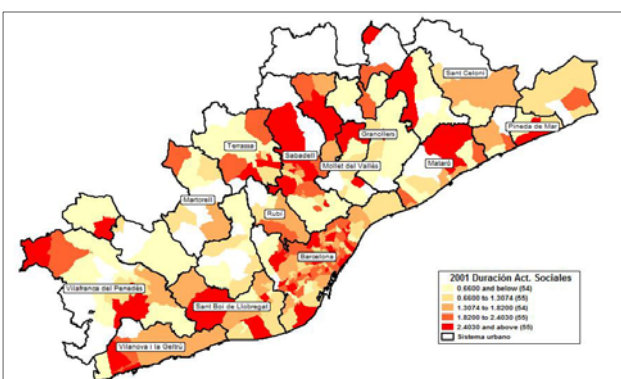
c.- Compras



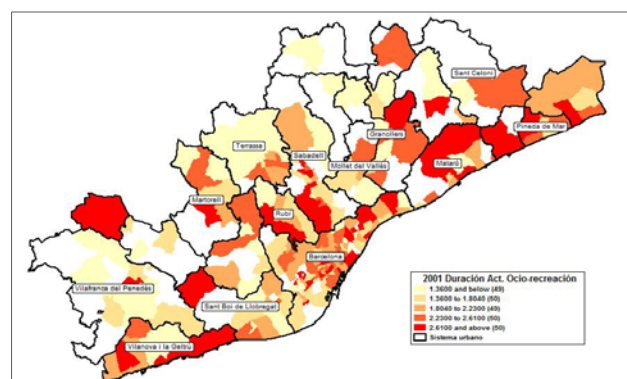
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

De las graficas no se aprecian patrones espaciales claros en las duraciones de las actividades.

A nivel de sistemas urbanos, los mayores valores de duración del trabajo se dan en Sabadell y Mollet (7,51 y 7,43 horas respectivamente), la mayor duración de estudio se da en Martorell con 6,13 horas, para compras la mayor duración se dan en Mollet y Sant Boi ambos con 1,47 horas. La mayor duración de actividades personales se da en Vilanova i la Geltrú con 2,22 horas, y para las actividades sociales, la mayor duración se da en Terrassa y Sant Boi, ambos con 2,03 horas. Finalmente las actividades de ocio de mayor duración se dan en Barcelona con 2,24 horas.

Los menores valores los presentan Granollers para las actividades de estudio (4,44 horas), y actividades sociales (0,72 horas). También Sant Celoni en compras (0,46 horas), y actividades de ocio y recreación 1,45 horas).

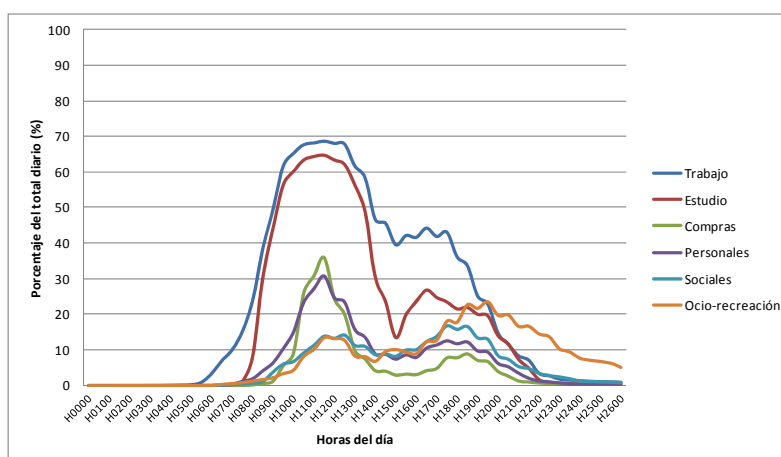
#### *4.2.2.3 Características de intensidad y diversidad social de las actividades (funcionalidad agregada)*

Hasta ahora se ha visto y caracterizado el comportamiento individual de las personas en el desarrollo de las actividades. Lo que se reporta en este apartado es el cómo se comportan de forma agregada las personas, constituyendo la intensidad de carga o de desarrollo de las actividades. Pero la intensidad se puede medir de variadas formas, como se presentó en el apartado metodológico del capítulo III. Los indicadores que se presentarán serán en este caso:

- Intensidad de la actividad: que corresponde al comportamiento del número de personas que desarrolla la actividad en cada instante, referida al total de personas que llegan en el día a desarrollar la actividad.
- Diversidad social de la actividad: que corresponde al valor del indicador de diversidad estándar, aplicado a los grupos sociales analizados, para cada instante de tiempo, y para el total día.
- Indicadores de intensidad espacial: que corresponden a la densidad de personas en el territorio (valor de densidad de personas totales que llegan a los territorios, y el promedio de la densidad instantánea de personas en el territorio entre 9:00 y 21:00hrs), y la densidad de horas en que se ocupa el territorio.

A continuación se muestran las distintas graficas de intensidad de las actividades obtenidas para la RMB, el año 2001.

**Figura IV.26.-** Intensidad de las actividades en día laboral, RMB 2001



Fuente: Elaboración propia

En la figura IV.26 se aprecia que del total de personas que llegan a trabajar el día laboral, el año 2001, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs, con un 68,7% de dicha cantidad, es decir, el máximo número de personas que desarrollan esa actividad al mismo tiempo corresponde a un 68,7% de todo lo que llega en el día. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 17:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 43%.

Del total de personas que llegan a estudiar el día laboral, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs, con un 64,8% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 16:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 26,8%.

Del total de personas que llegan a compras el día laboral, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs, con un 35,8% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 18:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 8,9%.

Del total de personas que llegan a actividades personales el día laboral, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs, con un 30,6% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 17:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 12,5%.

Del total de personas que llegan a actividades sociales el día laboral, el año 2001, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 17:30 hrs, con un 16,8% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 12:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 14,2%.

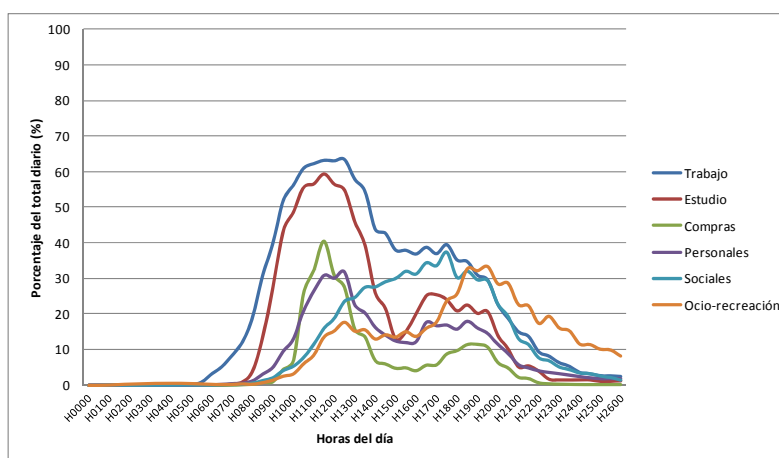
Del total de personas que llegan a actividades de ocio y recreación el día laboral, el año 2001, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 19:30 hrs, con un 23,6% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 11:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 13,5%.

En resumen, las actividades presentan distinto patrón de intensidades en el día laboral, siendo el trabajo y estudios los de mayor intensidad en día laboral (60%), con picos alrededor de las 11:30 hrs. Las actividades de compras y personales presentan intensidades medias (35%), con picos también alrededor de las 11:30 hrs. Finalmente las actividades sociales y de ocio-recreación son actividades de baja intensidad en día laboral (20%), con picos entorno a las 19:30 hrs. Lo anterior indica un paralelismo en las actividades de trabajo, estudio, compras y personales,



que por la tarde dan paso a las actividades sociales y de ocio-recreación, siendo la hora de transición alrededor de las 15:00 hrs.

**Figura IV.27.-** Intensidad de las actividades en día no laboral, RMB 2001



Fuente: Elaboración propia

Analizando el día no laboral (figura IV.27) se aprecia que de las personas que llegan a trabajar, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 12:30 hrs con un 63%. Se aprecia un segundo pico muy suave alrededor de las 17:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 39%.

De las personas que llegan a estudiar, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs con un 59,3%. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 17:00 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 25,5%.

De las personas que llegan a comprar, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs con un 40,3%. Se aprecia un segundo pico muy suave alrededor de las 19:00 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 11,5%.

De las personas que llegan a actividades personales, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 12:30 hrs con un 31,6%. Se aprecia un segundo pico muy suave alrededor de las 18:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 17,9%.

De las personas que llegan a actividades sociales, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 17:30 hrs con un 37,5%.

De las personas que llegan a actividades de ocio-recreación, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 19:30 hrs con un 33,3%, y un segundo pico a las 12:30 hrs de 17,7%.

En resumen, en día no laboral se aprecia un patrón similar al día laboral, pero aumentan significativamente las intensidades de las actividades diferentes de trabajo y estudio. Los comportamientos de los picos máximos se mantienen similares al día laboral.

**En síntesis,** se puede decir que las actividades presentan estructuras similares de intensidad en día laboral que en día no laboral. Los valores de alta intensidad representan que muchas personas desarrollan dicha actividad en las mismas horas del día, lo que se aprecia en las actividades condicionadas de trabajo y estudio, y también en menor medida de compras y actividades personales.

*Las actividades de baja intensidad muestran que son actividades poco condicionadas a los horarios, y que se desarrollan a lo largo del día, es el caso de actividades sociales y de ocio-recreación en día laboral, aunque en el día no laboral se concentran en horarios de la tarde, por lo que aumenta su intensidad.*

Ahora bien, la caracterización socio-educativa de las personas que llegan a desarrollar las distintas actividades, se presentan en la tabla IV.22, donde se muestran los totales de personas por grupo que llegan, en día laboral y no laboral. Además se incluyen los porcentajes que estos representan, y el cálculo de diversidad social (estandarizada).

**Tabla IV.22.-** Caracterización socio-educativa de la población que llega a desarrollar las distintas actividades en la RMB, 2001

Día	Grupo Socio-educativo	Trabajo		Estudio		Compras		Personales		Sociales		Ocio-recreación	
		Personas	%	Personas	%	Personas	%	Personas	%	Personas	%	Personas	%
Laboral	Bajo	277.398	24,0	47.288	16,1	174.450	55,5	119.660	51,4	121.668	43,1	49.800	33,0
	Medio	663.779	57,4	176.909	60,4	116.119	36,9	85.459	36,7	121.819	43,2	69.903	46,3
	Alto	216.240	18,7	68.751	23,5	23.746	7,6	27.853	12,0	38.671	13,7	31.416	20,8
	Total	1.157.417	100	292.948	100	314.315	100	232.972	100	282.158	100	151.118	100
	Diversidad social	0,887		0,855		0,810		0,877		0,908		0,955	
No laboral	Bajo	54.433	24,7	4.682	15,5	128.975	48,7	43.481	46,9	74.052	38,7	89.076	27,2
	Medio	127.752	58,1	19.434	64,2	105.509	39,9	34.042	36,7	82.927	43,4	172.608	52,7
	Alto	37.873	17,2	6.137	20,3	30.242	11,4	15.184	16,4	34.214	17,9	65.904	20,1
	Total	220.058	100	30.253	100	264.726	100	92.707	100	191.193	100	327.588	100
	Diversidad social	0,878		0,816		0,878		0,928		0,944		0,923	

Fuente: Elaboración propia

De los valores de la tabla se observa una alta diversidad social en las distintas actividades, siendo la diversidad de ocio-recreación la mayor para el día laboral. En el día no laboral se aprecia una disminución de la diversidad social de las actividades de trabajo y estudio, y por el contrario un aumento de la diversidad social del resto de actividades, siendo las actividades sociales la de mayor diversidad. Este comportamiento es indicativo de un traspaso de personas que en el día laboral están en trabajo y estudio, en día no laboral desarrollan otro tipo de actividades, aumentando la diversidad social en estas.

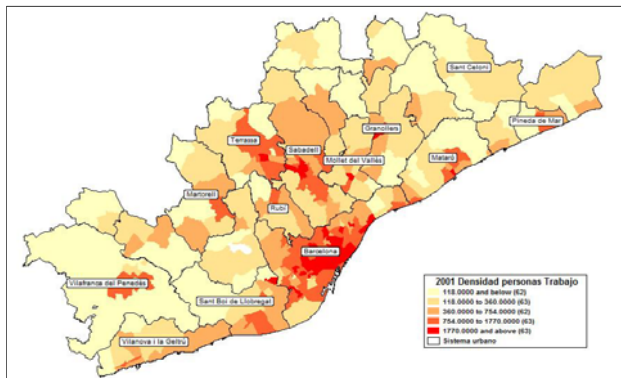
#### 4.2.2.4 Intensidades territoriales de las actividades

Como se mencionó al comienzo de este apartado, las intensidades espaciales o territoriales se refieren a 1) el promedio de las densidades instantáneas de personas que desarrollan las actividades entre las 9:00 y 21:00hrs, y 2) la densidad de la duración total de las actividades en el territorio (densidad de duración de las actividades).

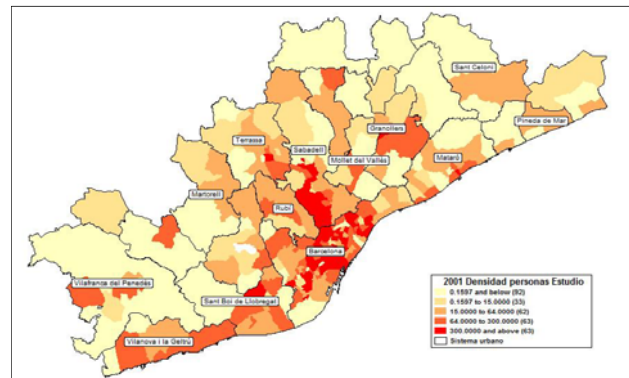
En la figura IV.28 se presentan las distribuciones espaciales de las densidades de personas, para las distintas actividades analizadas.

**Figura IV.28.-** Densidad media de personas (personas/ha) que desarrollan las actividades entre las 9:00 y 21:00hrs del día laboral, RMB 2001

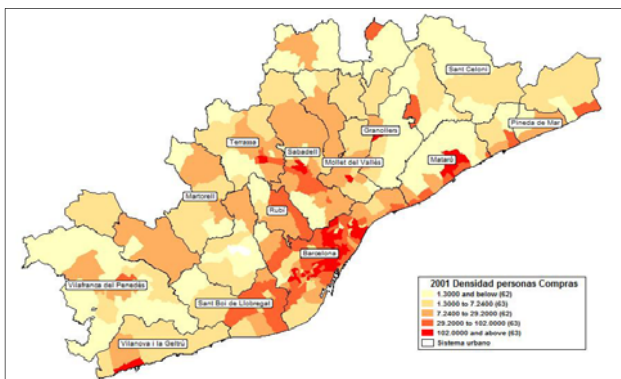
a.- Trabajo



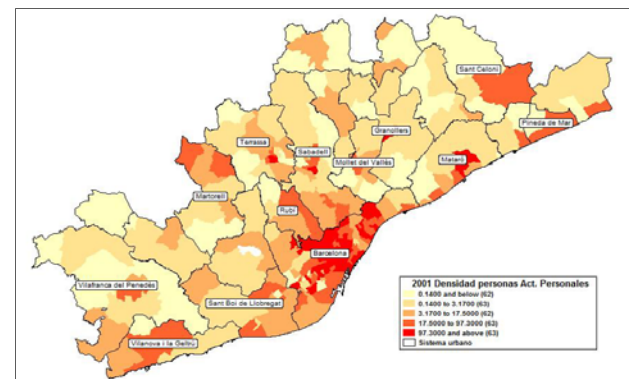
b.- Estudio



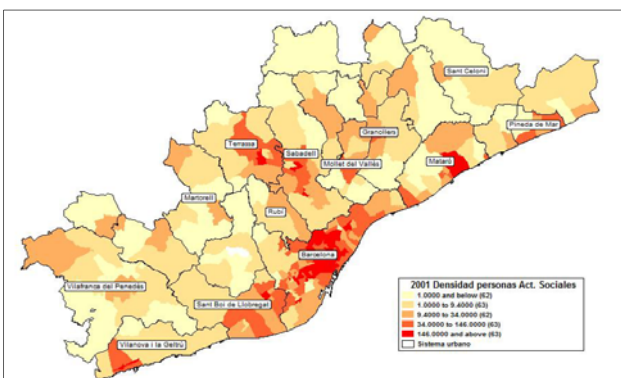
c.- Compras



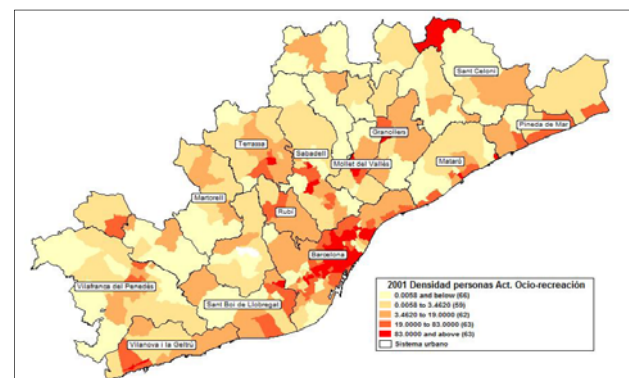
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

Para analizar las configuraciones espaciales, se toma como base los sistemas urbanos que estructuran la RMB. En la tabla IV.23 se presentan los sistemas urbanos que presentan mayores valores para cada actividad.



**Tabla IV.23.-** Densidad media de personas por actividad sistema urbano de la RMB, 2001

Sistema urbano	Densidad media de personas por actividad (Personas/ha)					
	Trabajo	Estudio	Compras	Personales	Sociales	Ocio-recreación
Barcelona	3086	670	226	233	213	131
Sabadell	979	189	56	18	65	
Terrassa	589	65	28	35	68	30
Rubí				17		23
Granollers	607	71				
Mollet del Vallès	536		22			
Mataró	562	122	61	32	47	32
Sant Boi de Llobregat	524	83	31	16	48	
Vilanova i la Geltrú		98	47	28	45	28
Pineda de Mar					47	37
Sant Celoni						23

Fuente: Elaboración propia

En relación a la densidad de trabajo, el sistema de Barcelona estructura una agrupación de altos valores, que se conforman por los sistemas contiguos. El único sistema que no responde a altos valores es Rubí.

En Estudios, se rompe la estructura anterior, generándose asociaciones (Barcelona, Sabadell, Terrassa) y sistemas periféricos con altos valores (Granollers, Mataró, Sant Boi, y Vilanova).

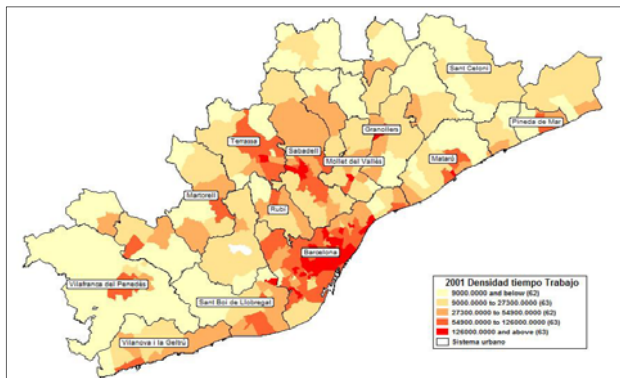
En compras, actividades personales, y actividades sociales ocurre lo mismo que en estudio, lo que muestra una lógica dispersa de estas actividades en el territorio, de manera de tener mejor cobertura.

En las actividades de ocio y recreación se mezclan variados formatos, que van desde la lógica urbana de Barcelona-Mataró-Vilanova, hasta los parques naturales de Terrassa-Rubí y Sant Celoni, pasando por las actividades costeras en Pineda de Mar.

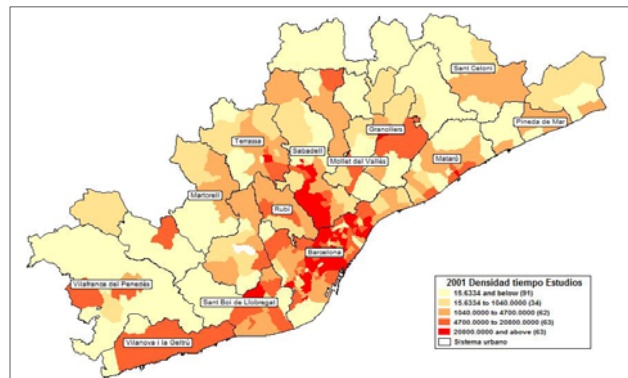
En la figura IV.29 se presentan las distribuciones espaciales de las densidades de tiempo, para las distintas actividades analizadas.

**Figura IV.29.-** Densidad de duración de las actividades (horas/ha), en día laboral, RMB 2001

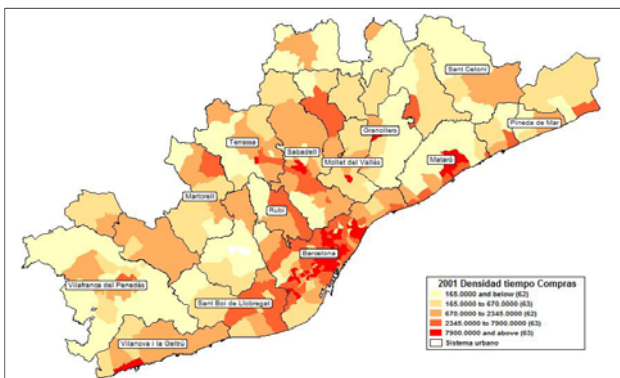
a.- Trabajo



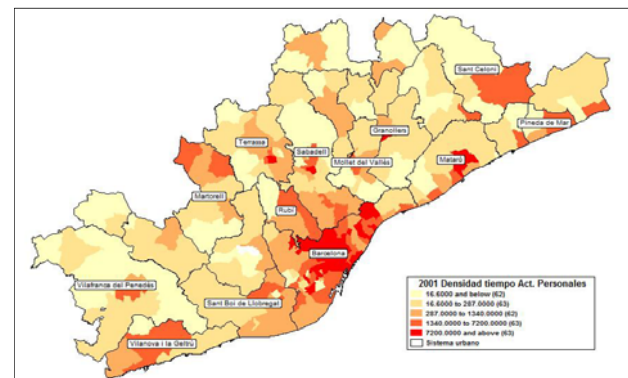
b.- Estudio



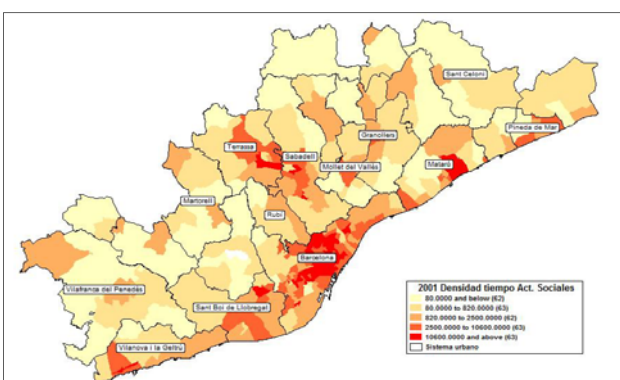
c.- Compras



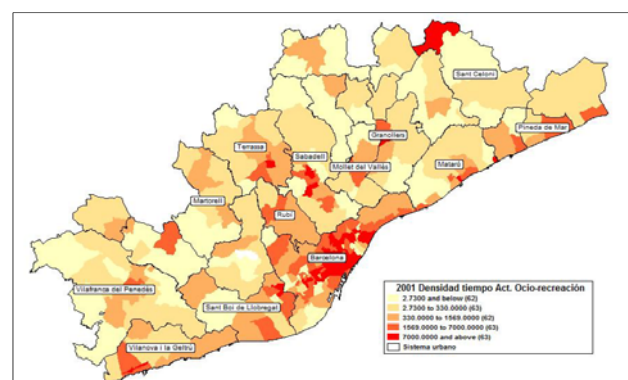
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

Al igual que en caso anterior, se analizan los sistemas urbanos que estructuran la RMB. En la siguiente tabla se presentan los sistemas urbanos que pertenecen a mayores valores para cada actividad.

**Tabla IV.24.** - Densidad media de tiempo por actividad sistema urbano de la RMB, 2001

Sistema urbano	Densidad media de tiempo por actividad (Horas/ha)					
	Trabajo	Estudio	Compras	Personales	Sociales	Ocio-recreación
Barcelona	219332	47188	16660	17404	15854	12100
Sabadell	71882	13180	4362	1378	4688	
Terrassa	42169	4517	2184	2828	5018	2669
Rubí				1341		
Granollers	46071	5288				
Mollet del Vallès	41909		1709			
Mataró	41189	8735	4705	2400	3491	2526
Sant Boi de Llobregat	37795	5876	2320	1217	3489	1763
Vilanova i la Geltrú		7260	3786	2101	3387	2544
Pineda de Mar					3245	2802
Arenys de Mar						1688

Fuente: elaboración propia

En general los sistemas que muestran los mayores valores de densidad tiempo (tabla IV.24) son muy similares que los de alto valor en densidad de personas.

En relación a la densidad de tiempo de trabajo, el sistema de Barcelona nuevamente estructura una agrupación de altos valores, que se conforman por los sistemas contiguos. Y nuevamente Rubí no responde a esta lógica.

En Estudios, ocurre lo mismo que con las densidades de personas, en el sentido que se rompe la estructura anterior, generándose asociaciones (Barcelona, Sabadell, Terrassa) y sistemas periféricos con altos valores (Granollers, Mataró, Sant Boi, y Vilanova).

Nuevamente en compras, actividades personales, y actividades sociales ocurre lo mismo que en estudio, lo que muestra la lógica dispersa de estas actividades en el territorio.

La densidad de tiempo en actividades de ocio cambia con respecto a la densidad de personas, en el sentido que se conforma un borde costero de altas densidades (Pineda de Mar, Arenys de Mar, Mataró, Barcelona, Sant Boi de Llobregat, y Vilanova i la Geltrú), y sólo un sistema interior (Terrassa).

**En síntesis,** se puede decir que la intensidad de uso del territorio por parte de las distintas actividades no presenta gran diferencia entre la densidad de personas y la densidad tiempo. Se aprecia una configuración espacial central continua de la actividad de trabajo, una actividad de estudio central pero con mayor dispersión, y las actividades de compras, personales, y sociales ya no con una lógica contigua al sistema de Barcelona, sino más bien potenciada en sistemas periféricos. La actividad de ocio-recreación genera densidades diferentes según la actividad, identificándose lógicas urbanas, de parques naturales, y de borde costero.

#### 4.2.2.5 *Protosistemas funcionales de las actividades*

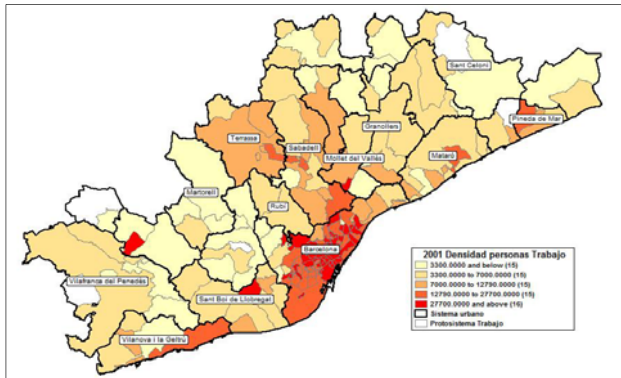
Como se mencionó en el apartado metodológico del capítulo III, se determinaron los protosistemas funcionales considerando la matriz del total de viajes por actividad (no diferenciando por tipo de día). Para esto se calculó el valor de interacción según la presentada en el apartado de metodología, del capítulo III.

Sobre la matriz de valores de interacción se aplicó el procedimiento utilizado por Roca (2011) para determinar protosistemas, o dicho de otra forma, áreas que capturan la interacción máxima de todas las zonas de transporte que la componen.

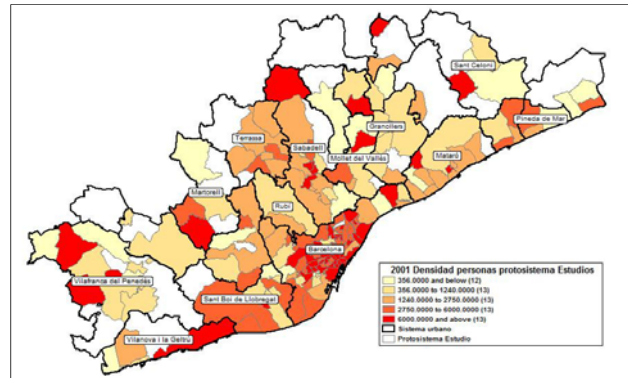
A continuación se presentan los protosistemas obtenidos por actividad, y la densidad media de cada uno de ellos.

**Figura IV.30.-** Densidad de persona por protosistema de actividades (horas/ha), RMB 2001

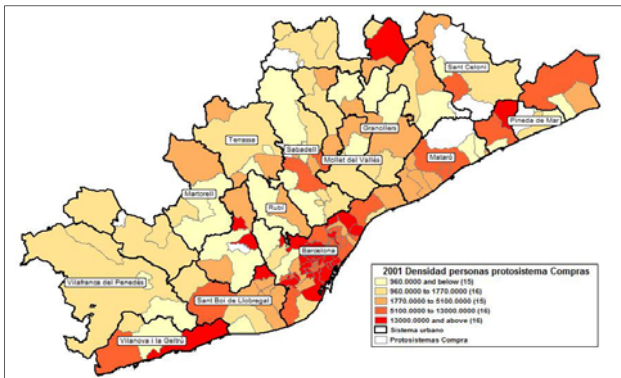
a.- Trabajo



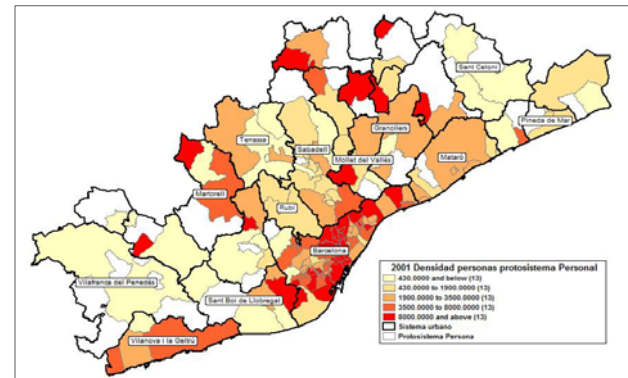
b.- Estudio



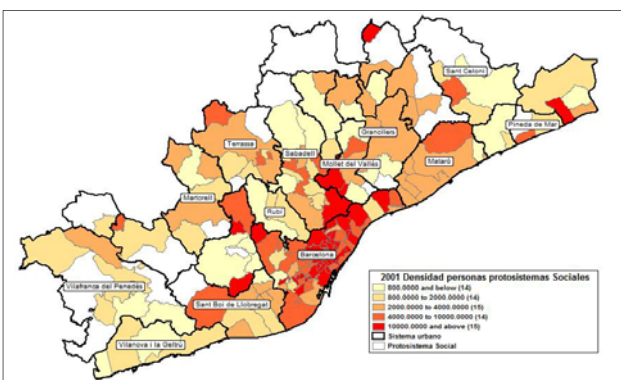
c.- Compras



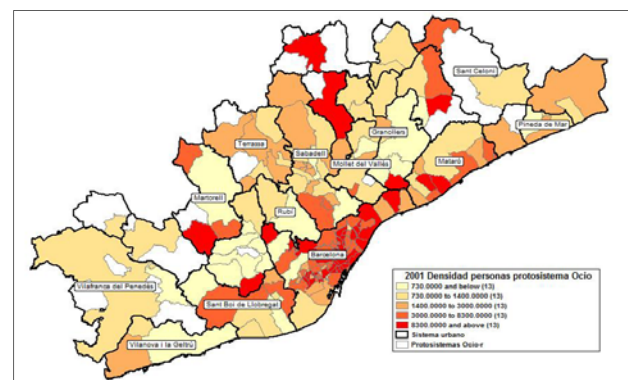
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

Los resultados de la figura IV.30 reflejan las mismas zonas centrales de alta densidad. Lo que sí es relevante es la caracterización de los protosistemas obtenidos en cada caso.

Para las interacciones de acceso al trabajo, se detectaron 76 protosistemas, con un promedio de 3,7 zonas por protosistema. La densidad media es de 19.165

personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 23%<sup>10</sup>, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 6,96 Km. Es decir, las áreas funcionales básicas del trabajo se componen por zonas disjuntas.

Para las interacciones de estudio se detectaron 64 protosistemas, con un promedio de 4,9 zonas por protosistema. La densidad media es de 4.293 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 21,4%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 10,9 Km.

Para las interacciones de compras se detectaron 78 protosistemas, con un promedio de 3,8 zonas por protosistema. La densidad media es de 6.938 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 61,6%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 4,9 Km.

Para las interacciones por actividades personales se detectaron 65 protosistemas, con un promedio de 4,4 zonas por protosistema. La densidad media es de 4.722 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 28,9%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 9,2 Km.

Para las interacciones por actividades sociales se detectaron 72 protosistemas, con un promedio de 4,5 zonas por protosistema. La densidad media es de 5.247 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 30,6%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 8,8 Km.

Finalmente, para las interacciones por actividades de ocio-recreación se detectaron 65 protosistemas, con un promedio de 4,8 zonas por protosistema. La densidad media es de 4.425 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 33,4%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 8,4 Km.

Los resultados obtenidos de la estructura espacial funcional son coherentes con los resultados anteriores, en el sentido de mostrar que la actividad más concentrada en el espacio son las compras, en las que las interacciones son entre zonas contiguas, condicionadas por el modo de acceso predominante de caminata. Las actividades de trabajo y estudio presentan la mayor amplitud y discontinuidad espacial de funcionalidad, dado los modos de transporte predominantes. Las actividades personales, sociales, y de ocio-recreación presentan una situación intermedia, con baja contigüidad funcional. Llama la atención de los resultados obtenidos en compras, lo significativamente alta de su densidad media, a pesar de ser en promedio menos zonas y mayoritariamente contiguas.

En general la aplicación del método de protosistemas se muestra muy sensible al tamaño de las zonas consideradas, y a los repartos modales de las interacciones. En la medida que las unidades espaciales de análisis son mayores, se pueden obtener resultados con mayor porcentaje de contigüidad en los protosistemas, ya que las interacciones menores se concentran en la intrazona, las que no participan en el procedimiento. Entonces, es lógico esperar que a unidades menores, mayor sea la discontinuidad del protosistema.

---

<sup>10</sup> Un 100% significa que todas las zonas del protosistema son contiguas, o mejor dicho, unidas espacialmente.

El protosistema como sistema funcional espacial también sintetiza los comportamientos detectados en los apartados anteriores, sólo que en este caso se aprecia el efecto espacial del modo de acceso.

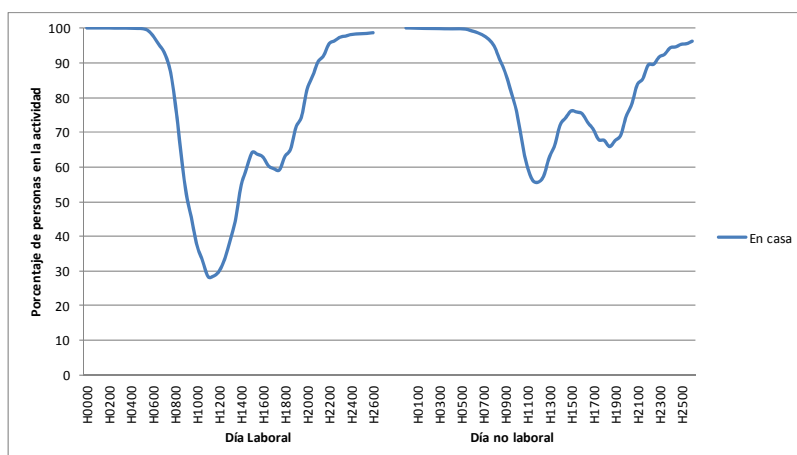
#### 4.2.3 Caracterización del ritmo urbano: la funcionalidad urbana

Como se ha planteado en la metodología, el análisis del ritmo urbano se refiere al comportamiento en el tiempo y en el espacio de la intensidad de todas las actividades que se desarrollan en la ciudad. Al considerar todas las actividades, este ritmo también se puede caracterizar en función de la diversidad de actividades desarrolladas en un instante, y de la diversidad social de dicha diversidad de actividades.

A continuación se muestran las graficas de ritmo diario de Barcelona, para el año 2001. La presentación se realizará por actividad, y luego todas las actividades.

En la figura IV.31 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en casa, en cada instante del día, en relación al total de personas que están desarrollando alguna actividad en el área de estudio. A modo de ejemplo, a las 4:00 hrs el total de las personas que están en el área de estudio se encuentran en casa, mientras que a eso de las 12:00hrs sólo el 30% de las personas que se encuentran en el área de estudio están en casa.

**Figura IV.31.-** Ritmo diario de la actividad “en casa”, RMB 2001



Fuente: elaboración propia

El comportamiento que muestra la figura anterior es el tradicional “vaciamiento” que experimenta el hogar a lo largo del día producto del desarrollo de actividades fuera del hogar. Así, el día laboral presenta un vaciamiento mucho mayor que el no laboral, siendo el porcentaje mínimo de esta actividad de 28%, a las 11:00 hrs. El segundo mínimo que experimenta el día laboral es a las 17:30, y alcanza un 59%.

El día no laboral presenta una mayor presencia de personas en casa a lo largo del día, siendo el mínimo de 56% a las 12:00hrs. El segundo mínimo que experimenta el día no laboral es a las 18:30, y alcanza un 65%.

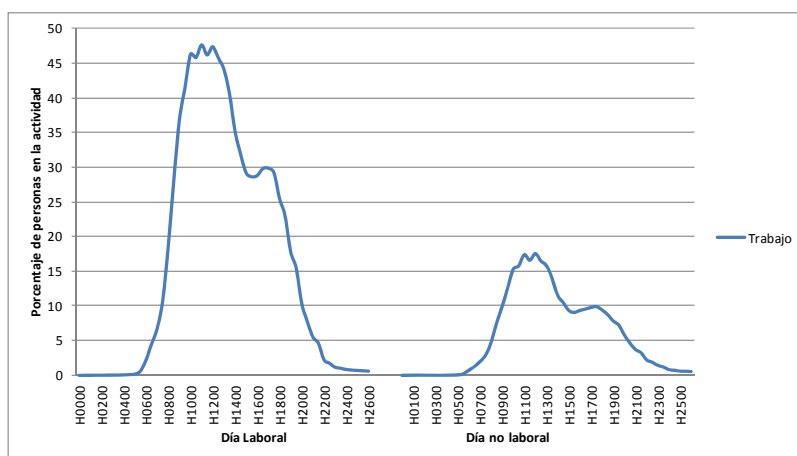
En la figura IV.32 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en el trabajo. Es necesario aclarar que para las actividades fuera del hogar se modificará la escala gráfica, ya que no se supera en general el valor de 50%. El



comportamiento que muestra la figura es la tradicional “carga” que experimenta cualquier actividad que se desarrollo fuera del hogar.

Para la actividad de trabajo, el día laboral presentan una participación mayor que el no laboral, siendo el porcentaje máximo de esta actividad de 46%, a las 11:00 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 17:00, y alcanza un 29%.

**Figura IV.32.- Ritmo diario de la actividad trabajo, RMB 2001**



Fuente: elaboración propia

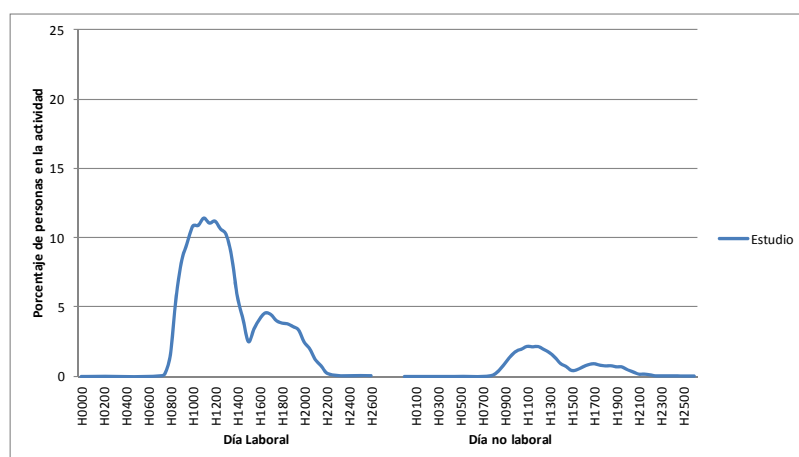
El día no laboral presenta una menor presencia de personas en el trabajo, siendo el máximo de 17%, a las 11:00hrs. El segundo máximo que experimenta el día no laboral es a las 17:30, y alcanza un 10%.

Para las restantes actividades nuevamente fue necesario modificar la escala gráfica de las figuras, ya que no se supera en general el valor de 25%.

En la figura IV.33 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades de estudio. El día laboral presentan una participación mayor que el no laboral, siendo el porcentaje máximo de esta actividad de 12%, a las 11:00 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 17:00, y alcanza un 5%.



**Figura IV.33.-** Ritmo diario de las actividades de estudio, RMB 2001

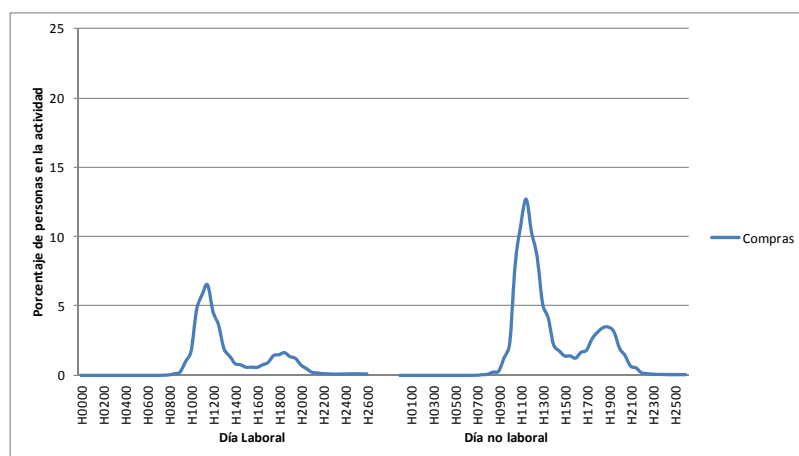


Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta una significativa menor presencia de personas en actividades de estudio, siendo el máximo de 2% a las 11:30hrs. En este caso el segundo máximo desaparece, por las magnitudes involucradas.

En la figura IV.34 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades de compras. El día laboral presentan una participación en general menor que el no laboral. El porcentaje máximo de esta actividad de 7% a las 11:30 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 18:30, y es de 2%.

**Figura IV.34.-** Ritmo diario de las actividades de compras, RMB 2001

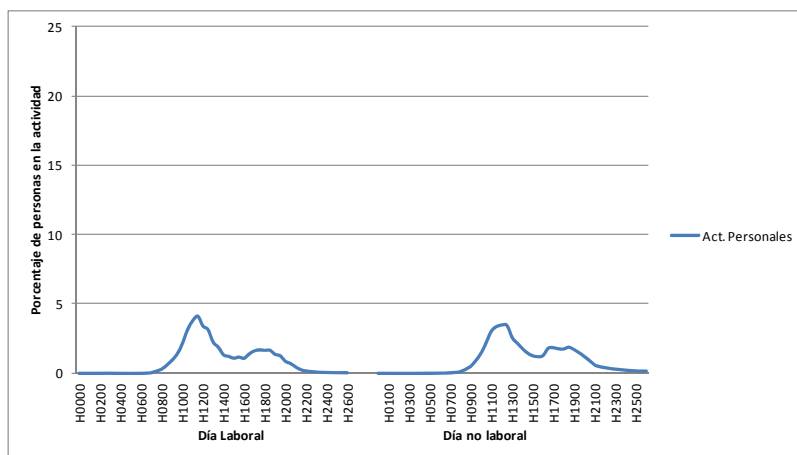


Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta el máximo de 12% a las 11:30hrs. El segundo máximo es a las 19:00, y alcanza un 4%.

En la figura IV.35 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades personales. El día laboral y no laboral presentan comportamientos similares. En el día laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 4% a las 11:30 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 18:00, y es de un 2%.

**Figura IV.35.-** Ritmo diario de las actividades personales, RMB 2001

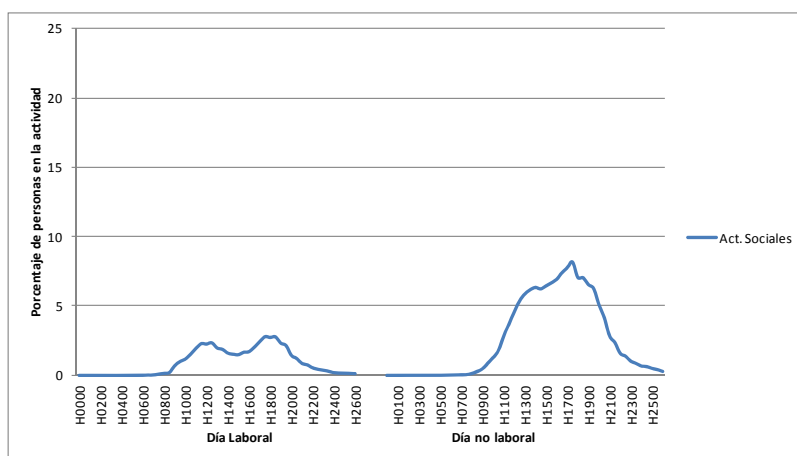


Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta el máximo de 4% a las 12:00hrs. El segundo máximo es a las 18:00, y alcanza un 2%.

En la figura IV.36 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades sociales. En general se aprecia en ambos días un comportamiento de un solo máximo significativo. En el día laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 3% a las 18:00 hrs.

**Figura IV.36.-** Ritmo diario de las actividades sociales, RMB 2001

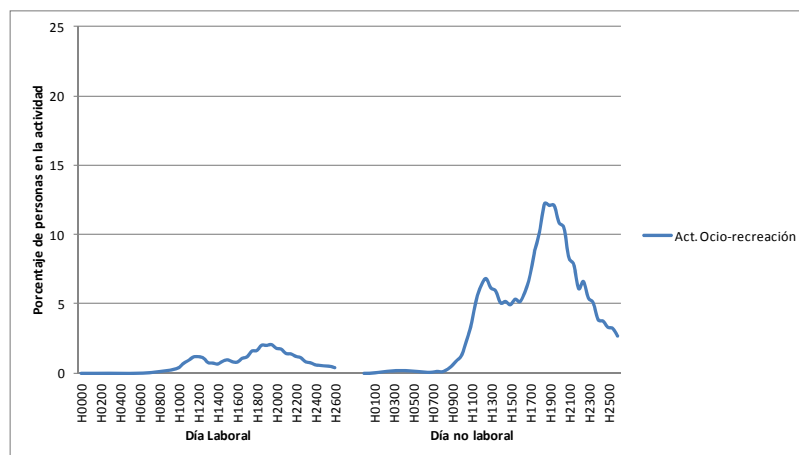


Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta mayores porcentajes que el laboral, siendo su máximo de 8% a las 17:00hrs.

En la figura IV.37 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades de ocio y recreación. El día no laboral presentan una participación significativamente mayor que el día laboral. En el día laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 2% a las 19:00 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 11:30, y es de 1%.

**Figura IV.37.-** Ritmo diario de las actividades de ocio-recreación, RMB 2001



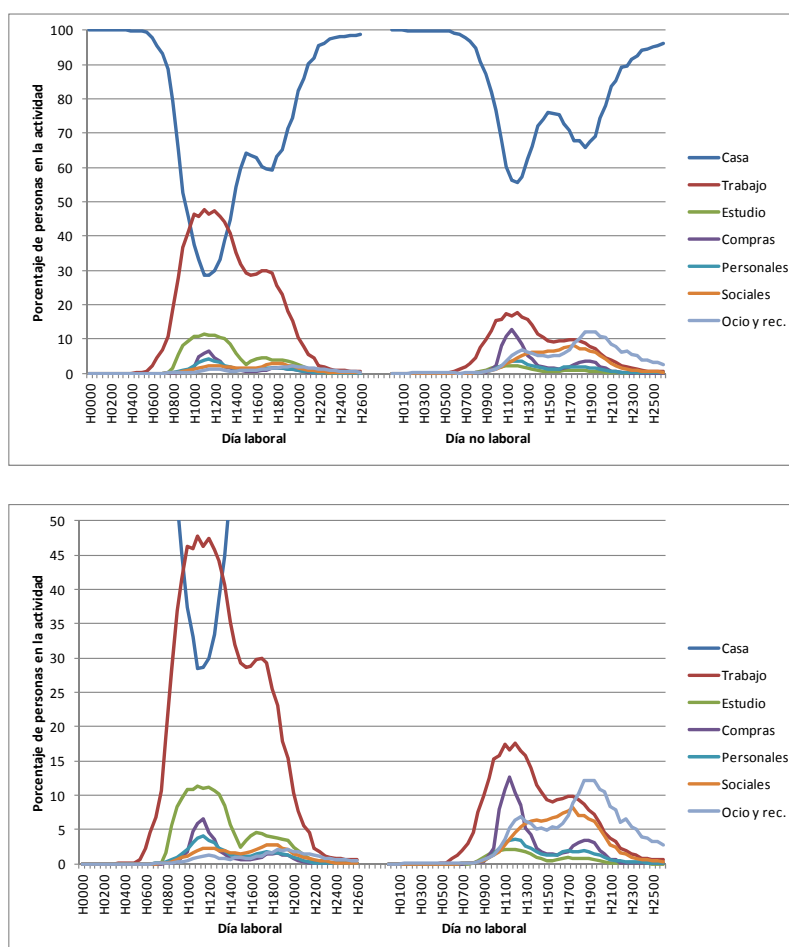
Fuente: elaboración propia

En el día no laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 13% a las 18:30 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 12:30, y es de 6%.

Analizando todas las actividades en su comportamiento temporal, se obtiene la figura IV.38 que muestra el ritmo diario de actividades en el área de estudio, para el año 2001. En la figura se incluyen dos gráficos, de los cuales el primero considera todas las actividades, mientras que el segundo sólo considera actividades fuera del hogar (por lo que cambia la escala de los porcentajes).

En la primera gráfica se aprecia la intensidad que presenta la permanencia en el hogar, tanto en día laboral como no laboral. Sólo es superada dicha intensidad por la actividad de trabajo, principalmente en la mañana del día laboral ya que por la tarde prima la estadía en casa. El día no laboral es más intensa la permanencia en casa, no superada por ninguna actividad.

**Figura IV.38.- Ritmo diario en la RMB, 2001**



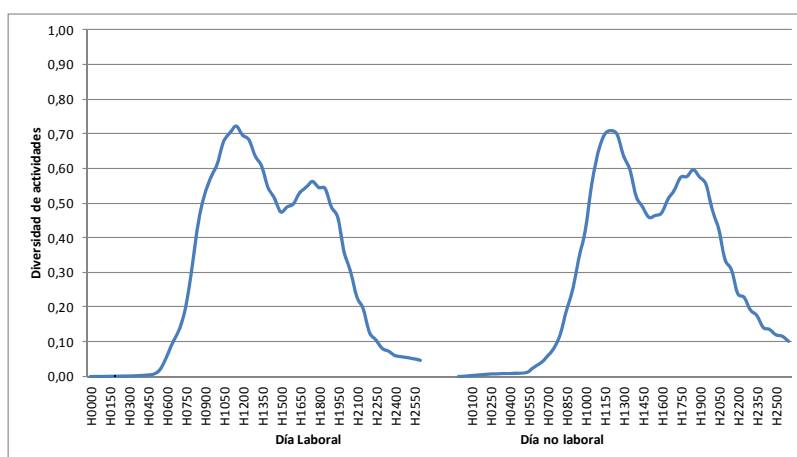
Fuente: elaboración propia

Analizando la gráfica de las actividades fuera del hogar, se aprecia que en el día laboral por la mañana, predomina claramente el trabajo seguido en muy menor magnitud por el estudio. El resto de actividades presentan porcentajes muy bajos. El día laboral por la tarde aumentan los porcentajes del resto de actividades, dado el declive del trabajo y del estudio.

En el día no laboral la actividad de trabajo pierde significativamente su predominancia, y ganan actividades de ocio y recreación, sociales, y en menor medida las compras. Tanto el estudio como las actividades personales presentan una baja participación en este día.

La forma de cuantificar, en cierta medida, las estructuras presentadas en la gráfica anterior es a través del cálculo de la diversidad de actividades. En la figura IV.39 se muestra el comportamiento del índice de diversidad de actividades (cuyo valor puede resultar entre 0 y 1, donde 0 representa el desarrollo mayoritario de una actividad, mientras que 1 representa el desarrollo en igual proporción de todas las actividades).

**Figura IV.39.-** Ritmo diario de la diversidad de actividades, RMB 2001



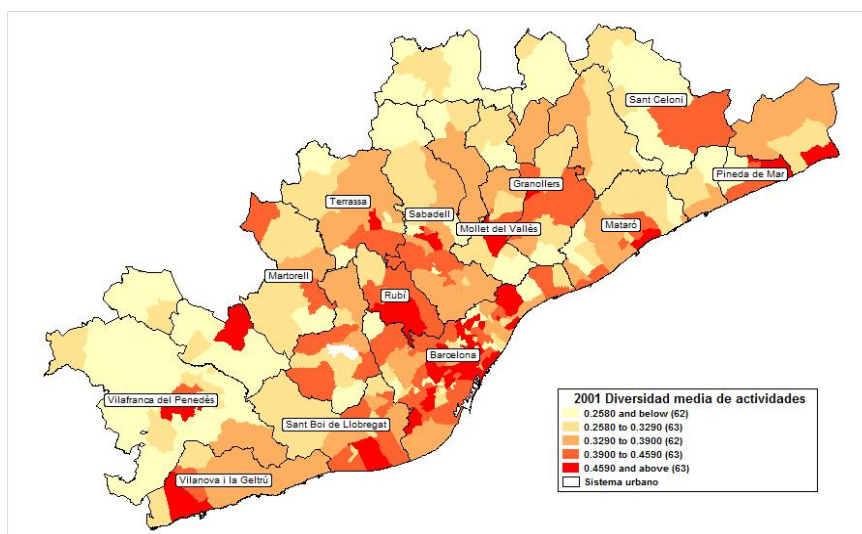
Fuente: elaboración propia

De la figura IV.39 se puede observar que el comportamiento de la diversidad de actividades se relaciona directamente a las intensidades y participaciones de todas las actividades fuera del hogar. Es así que presenta dos picos de alta diversidad, uno por la mañana y otro por la tarde, tanto en día laboral como no laboral. El máximo en día laboral es de 0,72 a las 11:30 hrs. El segundo máximo del día laboral es de 0,56 a las 17:30hrs. En el día no laboral, se observa que el máximo es de 0,71 a las 12:00 hrs. El segundo máximo es de 0,60 a las 18:30hrs.

Llama la atención que el valor de la diversidad no varíe significativamente entre el día laboral y no laboral. La explicación es que siempre se mantienen en una diversidad relativamente media, por la alta participación de la estadía en casa en ambos días, y también las relativamente bajas participaciones de las actividades distintas de trabajo y estudio. Por lo que, aunque existan variaciones aparentes entre el día laboral y no laboral, estas no alcanzan a afectar el valor del indicador.

La distribución espacial de la diversidad de actividades se presenta en la figura IV.40, en donde se presenta para cada territorio, el valor promedio de la diversidad de actividad en el período entre las 9:00 y 21:00 hrs, del año 2001.

**Figura IV.40.-** Diversidad media de actividades, RMB 2001



Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se observa que los valores máximos registrados en las zonas (0,46) son menores que los obtenidos para el área de estudio en su totalidad. Independientemente de lo anterior, los valores de diversidad de actividades son bajos para el año 2001. Los valores mayores se concentran en la zona central de Barcelona, y en puntos centrales de las localidades de los sistemas de Terrassa, Sabadell, Granollers, Mataró, Vilafranca, Sant Celoni, y Vilanova i la Gertrú.

Como se expuso en el apartado metodológico del capítulo III, para el análisis de la coexistencia espacial entre grupo socio-educativos y las actividades que desarrollan, se calcularon matrices de correlaciones espaciales entre las densidades de personas, y también entre los porcentajes de personas-actividad en cada zona. La primera medida está fuertemente condicionada por los valores más altos, restando participación a los valores de magnitud menor. La segunda medida (correlación espacial entre porcentajes) de cuenta del *trade-off* entre los distintos grupos, ya que la mayor presencia de uno (por el hecho de ser un porcentaje) genera la menor presencia de otros, por lo que representa la correlación espacial entre las participaciones.

También para esta caracterización se calculó el grado de exposición entre los distintos grupos socio-educativos, a partir del indicador de exposición de Bell, que tiene la siguiente ecuación:

$$P_{A2}^{A1} = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{A1_i}{A1} * \frac{A2_i}{A_i} \right] \quad (\text{ec } 1)$$

Donde  $P_{A2}^{A1}$  es el índice de exposición entre la actividad 1 y 2.  $A1_i$  es el número de personas que desarrollan la actividad 1 en la zona i.  $A1$  es el número de personas en la actividad 1 en la ciudad,  $A_i$  es el número de personas en la zona i.

El índice de exposición es una probabilidad combinada de encontrar alguien desarrollando la actividad 1 en una determinada zona, por la probabilidad de que en esa misma zona se desarrolle la actividad 2.

Como se puede apreciar, los distintos indicadores dan cuenta de distintas dimensiones, generando así una imagen más integral del fenómeno de exposición social.

Antes de presentar los resultados es necesario recordar las dimensiones de análisis definidas, que corresponde, indistintamente del método, a los siguientes indicadores:

- Coexistencia social espacial de la actividad: corresponde al promedio de los índices (correlaciones o exposición) entre los distintos grupos (bajo-medio, bajo-alto, y medio-alto), en el desarrollo de la misma actividad. Es un valor para cada actividad.
- Aislamiento social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio: corresponde al promedio de los indicadores (correlaciones o exposición) de las combinaciones compras-personal, compras-sociales, compras-ocio, personales-sociales, personales-ocio, y sociales-ocio, para un mismo grupo social. Es un valor por grupo.
- Exposición social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio: corresponde al promedio de los indicadores (correlaciones o exposición) de las combinaciones de compras, personales, sociales, y de ocio, para distintos grupos sociales (bajo-medio, bajo-alto, medio-alto). El resultado es un valor para toda la matriz.

En la tabla IV.25 se presentan los resultados del análisis de coexistencia espacial de los grupos-actividades en base a las densidades.

**Tabla IV.25.-** Indicadores sintéticos del comportamiento entre densidades de grupos sociales-actividad, RMB 2001

	Día	Laboral														No laboral													
		0:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	0:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Coexistencia social espacial de la actividad	Casa	0.73	0.72	0.72	0.66	0.65	0.66	0.70	0.71	0.72	0.73	0.71	0.69	0.71	0.72	0.64	0.64	0.64	0.57	0.52	0.48	0.54	0.60	0.59	0.57	0.55	0.51	0.52	0.53
	Trab.		0.80	0.86	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.80	0.68	0.63		0.11	0.26	0.30	0.36	0.34	0.26	0.17	0.12	0.10	0.18	0.16	0.11	0.09
	Est.		0.44	0.50	0.53	0.52	0.49	0.48	0.46	0.45	0.47	0.56	0.60	0.53	0.51		0.08	0.02	0.07	0.08	0.05	0.07	0.01	0.02	0.07	0.21	0.19	0.26	0.03
	Comp.		0.11	0.30	0.41	0.51	0.52	0.47	0.53	0.48	0.55	0.66	0.67	0.54	0.27		0.04	0.10	0.27	0.32	0.32	0.36	0.36	0.36	0.46	0.44	0.53	0.26	0.04
	Pers.		0.32	0.61	0.58	0.63	0.66	0.49	0.38	0.46	0.50	0.63	0.61	0.48	0.24		-0.02	-0.01	0.14	0.12	0.25	0.06	0.10	0.14	0.28	0.08	0.15	0.01	0.00
	Soc.		0.16	0.29	0.43	0.35	0.36	0.38	0.42	0.40	0.49	0.56	0.49	0.47	0.27		-0.01	0.03	0.12	0.05	0.18	0.13	0.13	0.08	0.06	0.13	0.17	0.11	0.06
	Ocio		0.07	0.18	0.38	0.49	0.57	0.44	0.54	0.43	0.48	0.59	0.75	0.67	0.55		0.67	0.53	0.57	0.66	0.67	0.73	0.69	0.78	0.66	0.54	0.55	0.58	0.38
Aislamiento social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Bajo		0.12	0.34	0.39	0.43	0.46	0.35	0.33	0.30	0.40	0.50	0.46	0.36	0.17		0.01	0.00	0.13	0.14	0.13	0.12	0.10	0.07	0.15	0.18	0.18	0.09	0.01
	Medio		0.05	0.29	0.33	0.44	0.42	0.44	0.45	0.39	0.36	0.58	0.58	0.51	0.31		-0.02	-0.01	0.06	0.15	0.13	0.09	0.09	0.06	0.22	0.21	0.30	0.18	0.10
	Alto		0.10	0.23	0.42	0.54	0.42	0.51	0.44	0.42	0.47	0.58	0.54	0.58	0.41		0.00	0.03	0.15	0.26	0.21	0.15	0.13	0.19	0.22	0.23	0.29	0.16	0.07
Exposición social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Todos		0.14	0.28	0.38	0.38	0.40	0.39	0.39	0.36	0.37	0.51	0.51	0.46	0.25		0.00	0.02	0.10	0.15	0.16	0.08	0.10	0.11	0.21	0.17	0.21	0.18	0.07

Fuente: elaboración propia

Suponiendo que un valor de 0,6 es el valor mínimo para detectar una situación de coexistencia espacial alta, en la tabla IV.25 se realzan todos los valores que superan 0,6. Así, para el día laboral se puede decir que:

- La actividad de estar en casa presenta una coexistencia espacial relativamente alta de los grupos sociales, a lo largo de todo el día laboral, y sólo por la mañana en el día no laboral. El trabajo presenta los mayores valores de coexistencia espacial de grupos sociales. La actividad de estudio no presente coexistencia espacial. La actividad de compras presenta cierta coexistencia social principalmente en la tarde, entre las 18:00 y 19:00hrs. Las actividades personales muestra cierto grado de coexistencia social espacial entre 10:00 y 13:00hrs, y por la tarde entre 18:00 y 19:00hrs. Las actividades sociales prácticamente no presentan coexistencia espacial social. Las actividades de ocio y recreación muestran una relativa coexistencia

espacial en el día laboral, entre las 19:00 y 20:00hrs, pero en día no laboral, la coexistencia espacial social se da entre las 12:00 y 17:00hrs.

- Respecto del aislamiento social espacial en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio, no se aprecian valores significativos en ningún grupo. En este mismo sentido, la exposición a otros grupos sociales en el espacio, para estas actividades prácticamente no se aprecia.

En la tabla IV.26 se presentan los resultados del análisis de coexistencia espacial de los grupos-actividades en base a la participación porcentual.

**Tabla IV.26.** - Indicadores sintéticos del comportamiento entre participación porcentual de grupos sociales-actividad, RMB 2001

	Día	Laboral														No laboral													
		Hora	0:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	0:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Coexistencia social espacial de la actividad	Casa	-0.47	0.11	0.13	0.14	0.03	0.03	0.00	-0.03	0.06	0.10	-0.01	-0.07	-0.19	-0.31	-0.49	-0.42	-0.34	-0.23	-0.20	-0.22	-0.23	-0.23	-0.22	-0.23	-0.22	-0.26	-0.28	-0.34
	Trab.	0.20	0.07	0.02	0.07	0.11	0.20	0.20	0.22	0.18	0.14	0.16	0.17	0.22	-0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.02	0.01	-0.02	-0.01		
	Est.	0.28	0.27	0.28	0.30	0.25	0.32	0.30	0.29	0.28	0.27	0.28	0.25	0.32	0.03	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.09	0.14	0.20	0.21			
	Comp.	0.07	0.08	0.12	0.09	0.19	0.06	0.12	0.31	0.20	0.41	0.41	0.37	0.88	0.02	0.02	0.05	0.05	0.09	0.17	0.31	0.13	0.23	0.24	0.50	0.40	0.03		
	Pers.	0.01	0.16	0.20	0.11	0.06	0.06	0.11	0.16	0.18	0.21	0.14	0.18	0.12	-0.02	0.02	0.00	0.00	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	0.01	0.00	0.06	-0.01	-0.01		
	Soc.	0.05	0.02	0.02	0.11	0.00	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	0.04	0.03	0.13	0.04	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.05	-0.02	-0.05	-0.05	-0.06	-0.02	-0.05	-0.04	-0.06		
	Ocio	-0.01	-0.02	0.00	0.01	0.20	0.15	0.16	0.13	0.10	0.04	0.09	0.06	0.08	0.41	0.25	0.10	0.05	0.10	0.17	0.16	0.17	0.02	0.03	0.06	0.14	0.16		
Aislamiento social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Bajo	-0.01	0.06	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	-0.03	-0.06	-0.01	0.02	-0.01	0.00	0.05	0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0.02	0.00	-0.02	0.02	-0.02	-0.06	-0.01		
	Medio	-0.01	-0.03	0.00	0.00	0.04	0.05	0.06	0.03	0.03	0.01	0.09	0.05	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.02	-0.01	0.02	-0.01	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.00		
	Alto	0.01	0.04	0.05	0.10	0.05	0.06	0.04	0.00	0.04	0.11	0.14	0.32	0.16	0.03	0.03	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04	-0.01	0.01		
Exposición social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Todos	0.01	0.04	0.03	0.02	-0.01	-0.01	0.03	0.01	-0.01	0.05	0.05	0.06	0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.01	-0.01		

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla, las coexistencias son significativamente más bajas que considerando la densidad de personas, y además aparecen correlaciones negativas (efecto *trade-off* antes mencionado). Suponiendo ahora que un valor de 0,2 es indicativo de una coexistencia espacial baja, en la tabla IV.26 se realizan todos los valores que superan 0,2. De los valores se puede decir que:

- La correlación negativa de coexistencia espacial de los grupos sociales en casa, indica la no coexistencia entre grupos, a diferencia que en el caso de las densidades. Este comportamiento desaparece a lo largo del día laboral, para aparecer nuevamente cuando todos retornan a casa. En el día no laboral esta situación se mantiene a lo largo de todo el día, dado que la permanencia en casa es mucho mayor que en día laboral.
- La actividad de trabajo presenta coexistencias positivas, pero bajas a algunas horas del día, es decir, coinciden espacialmente los porcentajes de los distintos grupos sociales sólo a las 9:00hrs, entre 14:00 y 16:00hrs, y a las 21:00hrs. Las restantes horas del día no presentan coexistencia espacial. El día no laboral dichas coexistencias desaparecen.
- La actividad de estudio en día laboral presenta coexistencias relativamente mayores a lo largo de todo el día, aunque los valores son bajos. El día no laboral desaparece esta relación.
- La actividad de compras presenta las mayores coexistencias en comparación al resto de actividades. Los valores significativamente altos comienzan a las 18:00 hrs. En día laboral, alcanzando un máximo a las 21:00hrs. El día no laboral muestra un comportamiento similar, pero el período significativo se concentra entre las 19:00 y 20:00hrs.



- El resto de actividades, en general no presenta patrones claros de algún nivel de coexistencia espacial de los grupos sociales.
- Respecto del aislamiento social espacial en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio, no se aprecian valores significativos en ningún grupo. En este mismo sentido, la exposición a otros grupos sociales en el espacio, para estas actividades prácticamente no se aprecia.

En la tabla IV.27 se presentan los resultados del análisis de coexistencia espacial de los grupos-actividades en base al indicador de exposición (probabilidad de encontrarse entre grupos sociales en el desarrollo de las actividades).

**Tabla IV.27.-** Indicadores sintéticos del comportamiento en la exposición de grupos sociales-actividad, RMB 2001

	Día	Laboral														No laboral														
		Hora	0:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	0:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Coexistencia social espacial de la actividad	Casa	1,00	0,52	0,40	0,34	0,34	0,42	0,56	0,61	0,60	0,54	0,54	0,62	0,75	0,86	0,99	0,90	0,83	0,72	0,61	0,62	0,71	0,73	0,75	0,72	0,66	0,63	0,69	0,80	
	Trab.		0,49	0,55	0,56	0,56	0,53	0,45	0,41	0,42	0,43	0,36	0,25	0,15	0,10		0,12	0,16	0,18	0,18	0,16	0,14	0,12	0,12	0,13	0,14	0,12	0,11	0,12	
	Est.		0,13	0,14	0,15	0,15	0,13	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,05		0,04	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07	0,10	0,09	0,09	
	Comp.		0,02	0,04	0,06	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,06	0,07		0,07	0,09	0,16	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,14	0,18	0,20	0,17	
	Pers.		0,02	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,02		0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	
	Soc.		0,04	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,07	0,06	0,05	0,04		0,03	0,07	0,11	0,11	0,14	0,15	0,15	0,15	0,18	0,19	0,15	0,11	
	Ocio		0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07	0,09	0,08	0,07	0,14	0,15	0,18	0,25	0,27	0,23	0,23	0,23	0,22	0,26	0,29	0,29	0,23
Aislamiento social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Bajo		0,02	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,04	0,02		0,05	0,06	0,08	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,11	0,12	0,10	0,08
	Medio		0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,05	0,03		0,04	0,06	0,09	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,12	0,11	
	Alto		0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,05	0,05		0,05	0,08	0,11	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,09
Exposición social en actividades de consumo, personales, sociales, y de ocio	Todos		0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03		0,01	0,03	0,05	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11	0,09	0,06	

Fuente: elaboración propia

El valor del indicador de exposición va entre 0 y 1, por lo que considerando un valor indicativo de 0,2, se aprecia que:

- Existe un alto grado de exposición entre los grupos sociales cuando están en casa. Esto es coherente con las altas correlaciones de las densidades, y las correlaciones medias de diferenciación del punto anterior. Esta exposición se mantiene a lo largo de todo el día labora, en el actividad de estar en casa, disminuyendo y aumentando en función del porcentaje de población en casa en las distintas horas. También se verifican los mayores valores del día no laboral, dada la mayor permanencia en casa en este día.
- La actividad de trabajo presenta un valor medio de exposición social espacial entre las 9:00 y 19:00hrs, los que hasta las 13:00hrs son mayores que la permanencia en casa. El día no laboral desaparece este comportamiento.
- La actividad de ocio y recreación presenta una exposición baja el día no laboral, a partir de las 12:00hrs en adelante. El resto de actividades no presentan valores medianamente importantes de exposición social entre grupos-actividades. Lo mismo ocurre para las actividades de consumo y recreación en general.

En resumen se podría decir que, en lo que se refiere a la exposición social en el desarrollo de las distintas actividades, la residencia y el trabajo son las actividades que presentan una relativa coexistencia, siendo más probable en la actividad de trabajo. También se podría decir que los niveles de coexistencia en compras y ocio-recreación, son los más significativos de las actividades no condicionadas, dándose preferentemente por la tarde, y en magnitudes menores.

Lo interesante de lo planteado es que si bien trabajo y residencia presentan relativa coexistencia socio-educativa, las compras recogen en parte algo de dicho comportamiento, pero las restantes actividades se desarrollan en otros lugares, rompiéndose esta coexistencia social, aunque al parecer, la actividad de ocio-recreación genera cierta convergencia social espacial. En el caso de Barcelona (2001) la estructura pendular de las cadenas de actividades, pivotando en el hogar, es lo que produce el comportamiento mostrado por la permanencia en la residencia.

Por otra parte es necesario recordar el sesgo de los resultados en función de la unidad espacial considerada, ya que el fenómeno de segregación en el uso del espacio tiene una escala de representación, pasando de un alto nivel de segregación a escalas territoriales pequeñas, a otro alto nivel de segregación a escala metropolitana (por lo menos en lo que respecta a ciudades latinoamericanas), no describiendo un comportamiento gradual (Sabatini, 2001).

***En síntesis, el ritmo de actividades en el área de estudio se caracteriza por:***

- *El día laboral se presenta por la mañana con un predominio de la actividad de trabajo, seguida por la permanencia en casa, y en menor grado estudio. Las actividades de compras, personales, sociales y de ocio, presentan una participación muy baja la que se va incrementando hacia la tarde, cuando el trabajo disminuye participación. En todo caso, por la tarde la actividad predominante es la permanencia en casa.*
- *En el día no laboral predomina la estadía en casa, disminuye significativamente la participación de trabajo, siendo superado este último por las actividades de ocio y recreación, sociales, y compras.*
- *Los comportamientos mencionados originan valores relativamente medios de diversidad de actividades a lo largo del día. La magnitud de dicha diversidad es similar tanto el día laboral como el no laboral, y además presentan el mismo comportamiento respecto de los picos de valores altos.*
- *La distribución espacial de la diversidad de actividades en el área de estudio muestra que los valores mayores se concentran en la zona central de Barcelona, y en puntos centrales de las localidades de Terrassa, Sabadell, Badalona, Mollet, Granollers, Mataró, Vilafranca, y Vilanova i la Gertrú.*
- *Respecto de la coexistencia espacial social, en el día laboral es la actividad de trabajo la que más concentra en el espacio a los diversos grupos sociales. La estadía en casa también presenta coexistencias relativamente medias. En el resto de actividades no se aprecian altos niveles de coexistencia social espacial.*

### IV.3.- Caracterización de la funcionalidad urbana de las actividades en la RMB, año 2006

Este apartado reporta los resultados obtenidos para el año 2006. El orden de presentación es el mismo seguido que en el apartado anterior.

#### 4.3.1 Las cadenas de actividades

La tabla IV.28 muestra el histograma de frecuencias del número de actividades que componen las cadenas, para el año 2006.

**Tabla IV.28.-** Número de actividades en las cadenas, RMB 2006

Año 2006		Número de cadenas					
Número de actividades		Día laboral	%	Día no laboral	%	Semana	%
2		1.517.350	40,7	1.644.780	55,1	10.876.312	44,2
3		213.563	5,7	215.374	7,2	1.498.566	6,1
4		1.183.736	31,7	696.921	23,4	7.312.522	29,7
5		235.250	6,3	141.959	4,8	1.460.166	5,9
6		321.535	8,6	182.195	6,1	1.972.067	8,0
7		95.265	2,6	43.090	1,4	562.504	2,3
8		77.896	2,1	30.595	1,0	450.670	1,8
9		36.028	1,0	12.077	0,4	204.296	0,8
10 y más		49.831	1,3	16.955	0,6	283.065	1,1
<b>Total</b>		<b>3.730.455</b>	<b>100,0</b>	<b>2.983.946</b>	<b>100,0</b>	<b>24.620.167</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el día laboral del año 2006, se puede observar que el 41% de las cadenas tienen dos actividades, y un 32% cuatro, siendo poco significativo el resto de combinaciones. Esta situación es similar para el día no laboral (aumentando el porcentaje de 2 actividades a un 55%, y disminuyendo el de 4 a 23%). Para el total semanal los porcentajes son muy similares al día laboral. Lo anterior muestra una contracción de las cadenas de día no laboral en relación al laboral, en el sentido de disminuir el número de actividades desarrolladas en el día. Se aprecia que el porcentaje de 3 actividades no es monótonamente decreciente, al igual que el de 5 actividades. Lo anterior es indicativo de una situación de pendularidad, como la detectada el año 2001.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la caracterización de las cadenas según su estructura pendular o de tour.

**Tabla IV.29.-** Características espacio temporales de las cadenas de actividades, RMB 2006

Año 2006				Distancias diaria (km)		Tiempo diario (hr)		Partición del tiempo de viaje por modo de transporte en la cadena (%)							
Cadena	Día	Número de cadenas	%	Recorrida	Alejamiento	Viaje	Duración	Caminata	Bicicleta	Bus	Metro/Tram	Tren	Taxi	Coche	Otro
Pendular	Laboral	3.323.514	89,1	7,20	4,30	0,96	5,37	32,8	0,7	10,7	10,5	11,3	0,5	32,6	1,0
	No laboral	2.645.754	88,7	6,20	3,71	0,99	3,82	36,0	2,1	6,6	6,3	5,8	0,4	42,3	0,5
Tour	Laboral	406.941	10,9	12,49	5,98	1,28	5,99	15,3	0,3	10,3	12,8	13,9	0,9	41,8	4,6
	No laboral	338.192	11,3	9,32	4,77	1,11	4,38	24,9	0,6	6,1	6,8	4,3	0,6	55,9	0,7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV.29 se verifica lo expuesto antes, ya que se aprecia una alta participación de cadenas pendulares, tanto en los días laborales como no laborales (en promedio un 88,9%). Las cadenas tipo tour son poco representativas en el

total diario (11,1%). La distancia total recorrida muestra que los tour son más extensos que las cadenas pendulares, lo mismo se refleja en el alejamiento. El tiempo de viaje total de las cadenas pendulares es menor que la de los tour (del orden de 0,2 horas menor), y así también la duración total de actividades. En relación a las particiones modales de los tiempos totales de viaje, tanto para cadenas pendulares como para tour, los modos predominantes son coche y caminata, con un promedio de 43% y 27% respectivamente), y en menor participación bus, metro/tram, y tren (casi la mitad de los porcentajes anteriores).

En la tabla IV.30 se caracterizan las 16 secuencias más relevantes en términos de peso estadístico para el año 2001.

**Tabla IV.30.-** Características las secuencias de actividades más representativas, RMB 2006

Secuencia de actividades	Día Laboral		Día no laboral	
	Nº de cadenas	%	Nº de cadenas	%
casa-trabajo-casa	718.012	19,2	161.191	5,4
casa-trabajo-casa-trabajo-casa	217.464	5,8	22.664	0,8
casa-trabajo-casa-ocio-casa	83.901	2,2	27.211	0,9
casa-trabajo-casa-social-casa	58.624	1,6	11.690	0,4
casa-trabajo-casa-compras-casa	81.482	2,2	8.985	0,3
casa-estudio-casa	125.842	3,4	19.693	0,7
casa-estudio-casa-estudio-casa	35.415	0,9	1.133	0,0
casa-estudio-casa-ocio-casa	49.990	1,3	3.746	0,1
casa-compras-casa	228.170	6,1	255.823	8,6
casa-compras-casa-social-casa	33.406	0,9	38.653	1,3
casa-compras-casa-ocio-casa	71.753	1,9	123.153	4,1
casa-personal-casa	136.225	3,7	66.643	2,2
casa-social-casa	100.178	2,7	320.715	10,7
casa-ocio-casa	184.327	4,9	721.366	24,2
casa-sd.fijo-casa	7.050	0,2	76.249	2,6
casa-sd.fijo-casa-sd.fijo-casa	966	0,0	2.125	0,1
Otras	1.597.651	42,8	1.122.906	37,6
<b>Total</b>	<b>3.730.455</b>	<b>100,0</b>	<b>2.983.946</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia

Las 16 secuencias mostradas en la tabla IV.30 representan del orden de 60% del total de cadenas diarias en el año 2006. Lo anterior es indicativo de la significancia estadísticas de las secuencias fuera de este grupo, que corresponden a secuencias de múltiples actividades.

Lo primero que se ratifica en la tabla anterior, es la pendularidad asociada al hogar (retorno a casa) de las secuencias, la que es coherente con los resultados para el año 2001.

En día laboral, la secuencia de mayor participación es casa-trabajo-casa con un 19,2%, seguida por casa-compras-casa con un 6,1%, casa-estudio-casa con un 5,8%, y casa-ocio-casa con un 4,9%. Lo anterior muestra que las secuencias uni-funcionales, pierden peso estadístico en relación a las multifuncionales.

El día no laboral mantiene la predominancia de las secuencias uni-funcionales, pero cambia significativamente el orden, siendo la secuencia de mayor participación casa-ocio-casa con un 24,2%, seguida por casa-social-casa y casa-compras-casa, ambas con alrededor de un 10%. Muy por bajo aparece la secuencia casa-trabajo-casa. Lo anterior ratifica que las cadenas de características no ocupacionales son las que predominan en día no laboral, que como se mencionara antes, son actividades de gran variedad y diversidad locativa.

**En síntesis**, se podría ratificar que las cadenas de actividades diarias pasan de una estructura uni-funcional condicionada espacialmente (trabajo, estudio) en día laboral, a otra, también uni-funcional, pero espacialmente más diversa y variada, en día no laboral.

A continuación se presentan las características espacio temporales de las secuencias anteriores.

**Tabla IV.31.-** Características espacio temporales de las secuencias de actividades, RMB 2006

		Distancias diaria (km)		Tiempo diario (hr)		Partición del tiempo de viaje por modo de transporte en la cadena (%)							
Secuencia de actividades	Tipo de día	Recorrido	Alejamiento	Viaje	Duración	Caminata	Bicicleta	Bus	Metro/Tram	Tren	Taxi	Coche	Otro
casa-trabajo-casa	Laboral	9,1	6,8	1,0	8,9	5	0	11	15	20	1	46	3
	No laboral	8,5	6,2	0,8	8,6	6	0	10	21	10	1	50	2
casa-trabajo-casa-trabajo-casa	Laboral	4,7	3,1	0,5	4,5	19	1	10	15	5	0	49	1
	No laboral	5,2	3,4	0,6	4,5	11	1	11	20	23	0	30	6
casa-trabajo-casa-ocio-casa	Laboral	10,6	6,2	1,2	9,8	31	2	8	11	11	0	36	1
	No laboral	8,9	4,6	1,2	9,5	27	0	6	14	5	3	45	0
casa-trabajo-casa-social-casa	Laboral	10,7	6,1	1,0	9,1	15	1	7	12	10	0	54	1
	No laboral	9,6	5,6	0,9	9,8	7	0	0	11	0	0	81	0
casa-trabajo-casa-compras-casa	Laboral	10,3	6,3	1,0	8,7	24	1	10	12	12	0	40	1
	No laboral	11,4	6,6	0,9	8,3	27	0	3	0	14	0	56	0
casa-estudio-casa	Laboral	8,3	6,2	1,1	5,8	9	0	15	20	44	0	12	0
	No laboral	8,5	6,3	1,1	4,1	13	0	7	6	33	0	41	0
casa-estudio-casa-estudio-casa	Laboral	4,4	2,8	0,6	3,6	30	1	17	20	16	0	16	0
	No laboral	1,9	0,9	1,7	2,1	77	0	0	0	0	0	23	0
casa-estudio-casa-ocio-casa	Laboral	9,0	5,0	1,2	8,2	27	1	13	14	24	0	21	0
	No laboral	16,1	5,0	1,4	6,4	29	0	0	0	0	0	71	0
casa-compras-casa	Laboral	3,1	1,6	0,5	1,2	65	0	11	5	3	0	15	0
	No laboral	3,6	2,1	0,5	1,5	50	0	8	6	3	0	33	0
casa-compras-casa-social-casa	Laboral	5,4	2,5	0,8	2,9	58	0	13	9	4	0	15	0
	No laboral	7,8	4,1	0,8	4,2	38	0	12	4	7	0	39	0
casa-compras-casa-ocio-casa	Laboral	4,8	2,0	1,1	2,3	83	0	6	3	2	0	6	0
	No laboral	7,5	3,9	1,1	3,7	60	1	5	6	2	0	25	0
casa-personal-casa	Laboral	5,6	3,8	0,9	2,3	21	0	26	14	14	3	22	1
	No laboral	4,5	2,8	0,8	3,1	22	0	11	4	9	1	53	0
casa-social-casa	Laboral	6,3	4,5	0,9	3,6	17	0	22	12	17	0	33	0
	No laboral	7,5	5,2	0,9	4,7	11	0	6	6	10	1	66	0
casa-ocio-casa	Laboral	3,5	2,0	1,2	1,8	70	0	10	5	2	0	12	0
	No laboral	5,3	3,5	1,2	3,3	37	3	9	6	6	0	38	1
casa-sd.fijo-casa	Laboral	5,8	3,7	0,9	2,9	21	1	16	6	2	5	48	1
	No laboral	3,7	2,1	0,6	2,1	27	0	10	2	7	0	53	0
casa-sd.fijo-casa-sd.fijo-casa	Laboral	3,1	1,4	0,7	3,0	25	0	0	0	0	0	75	0
	No laboral	4,2	2,7	0,5	1,9	57	0	0	0	0	0	43	0

Fuente: Elaboración propia

De los valores presentados en la tabla IV.31 se puede verificar lo siguiente:

- Analizando la distancia total recorrida, se vuelve a observar que en las familias de secuencias de actividades asociadas al trabajo y estudio, las cadenas simples recorren distancias menores que las pendulares, lo que es relativamente lógico. Y nuevamente esto no ocurre con el alejamiento, el que muestra valores relativamente constante, por lo que el área de desarrollo de estas actividades no cambia entre la secuencia simple y las pendulares. Lo interesante en este caso es que la secuencia pendular de la misma actividad es la única que disminuye las distancias, ya que las secuencias pendulares multifuncionales mantienen la distancia de la secuencia simple.

Lo anterior no ocurre para las secuencias de compras, en las que las secuencias pendulares aumentan tanto la distancia recorrida como el alejamiento, en relación a la secuencia simple.

Comparando entre familias de actividades, las mayores distancias son las de trabajo y estudio, siendo relativamente mayor la de trabajo. Las secuencias simples de menores distancias son las de compras y ocio.

- Al analizar el tiempo de viaje, y la partición modal se aprecian variadas situaciones. En la relación cadenas simples y pendulares, se aprecia que los tiempos de viaje no aumentan significativamente en las cadenas pendulares, y tampoco se distinguen grandes diferencias entre día laboral y no laboral.

Para las secuencias de trabajo, existe un predominio significativo del modo coche. Sin embargo, la participación del modo caminata aumenta significativamente en las secuencias pendulares, mientras que disminuye la participación de los modos de transporte público (y sobre todo, en este caso, bus y metro).

Las secuencias asociadas a la actividad de estudio, presentan el mismo comportamiento antes descrito de aumento de participación de la caminata en las secuencias pendulares, pero en este caso los modos predominantes (que pierden participación en las secuencias pendulares) son los de transporte público.

Las secuencias de compras y de ocio presentan predominancia del modo caminata, seguido del modo transporte público, pero el día no laboral gana participación de forma significativa el modo coche.

En el caso de las actividades personales, sociales y sin destino fijo predomina el modo coche (aumentando el porcentaje el día no laboral), y en menor grado el modo caminata.

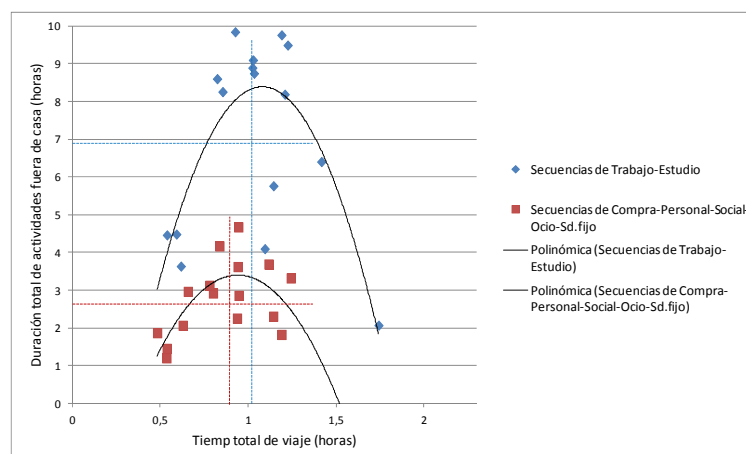
Finalmente, los tiempos totales de viaje de las secuencias de trabajo y educación no son significativamente más altos que las otras familias de secuencias, situación que no se corresponde con lo observado el año 2001.

- Al analizar la duración total de actividades fuera de casa, se observan las siguientes situaciones. Lógicamente las secuencias asociadas a trabajo y estudio presentan mayores duraciones que las asociadas a las otras actividades (por la relativa imposición, y no elección, de los tiempos que duran estas actividades).

El comportamiento del día laboral y no laboral no presenta diferencias significativas, lo que indica que el desarrollo de la actividad no varía entre los tipos de días.

- Al estudiar la relación entre el tiempo total de viaje y la duración total, nuevamente no se aprecia una relación lineal directa, sino más bien un comportamiento de saturación o restricción impuesta por el tiempo total disponible (como se verificó en el año 2001). La siguiente figura muestra el comportamiento de los valores presentados en la tabla IV.31, sin diferenciar día laboral del no laboral (ya que la restricción es indiferente del día).

**Figura IV.41.-** Relación entre el tiempo total de viaje y la duración total de actividades fuera de casa, para las secuencias de actividades, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

En la figura IV.41 se observa lo mencionado anteriormente respecto de la mayor duración de las secuencias de trabajo y estudio (en la gráfica se incluyen con línea punteada las medias de los tiempos de viaje y duración para cada tipo de secuencias). Las curvas de tendencia agregadas muestran este comportamiento de saturación antes mencionado, en el sentido que a medida que aumento el tiempo de viajes, la duración aumentan para luego disminuir, dada la restricción del tiempo total disponible en el día para el desarrollo de la cadena de actividades.

**En síntesis,** se podría decir que las secuencias de trabajo y estudio tiene un comportamiento característico en términos espaciales y temporales, presentando mayores distancias, tiempos de viaje, y duraciones, las que, a diferencia del año 2001, en general no presentan una contracción en el día no laboral. A medida que las secuencias se hacen pendulares, aumentan la partición de caminata en sus desarrollos, siempre manteniendo el predominio del modo coche en el caso del trabajo, y transporte público en estudio. Por otra parte, las secuencias de compras, actividades personales, sociales, de ocio, y sin destino fijo, se caracterizan por distancias, tiempos de viaje y duraciones menores, con una expansión de distancias y duración en el día no laboral relativamente menor que al año 2001. Sí, se observa que se mantiene constante el tiempo de viaje diario, por un aumento de participación del modo coche el día no laboral, a pesar del relativo equilibrio entre todos los modos (coche, caminata, y transporte público).

Finalmente es destacable el hecho que en las secuencias de actividades en las que se puede "elegir" tanto la localización como la duración, el tiempo de viaje se mantiene relativamente constante (entre día laboral y no laboral), apoyado en una re-estructuración de los modos de viaje elegido, con la correspondiente re-configuración espacial de los sitios visitados. Por otra parte, en las actividades donde no es posible la elección, no se da la contracción generalizada de distancias tiempos y duraciones en el día no laboral, observada el año 2001.

En la tabla IV.32 se muestran las matrices de probabilidad de transición obtenidas por tipo de día, para el año 2006.

**Tabla IV.32.-** Matriz de transición entre las actividades por tipo de día, RMB 2006

Día Laboral	Actividad								
Actv. anterior	Casa	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación	Sin destino fijo	Total
Casa origen	0,00	0,46	0,10	0,15	0,09	0,10	0,10	0,00	1,00
Casa	0,00	0,21	0,06	0,16	0,09	0,23	0,24	0,01	1,00
Trabajo	0,79	0,10	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	1,00
Estudio	0,84	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01	1,00
Compras	0,89	0,01	0,00	0,03	0,01	0,03	0,02	0,00	1,00
Personal	0,75	0,03	0,01	0,06	0,07	0,05	0,04	0,01	1,00
Social	0,72	0,06	0,01	0,05	0,02	0,08	0,05	0,00	1,00
Ocio y recreación	0,85	0,04	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01	1,00
Sin destino fijo	0,65	0,06	0,03	0,05	0,03	0,08	0,09	0,02	1,00

Día no laboral	Actividad								
Actv. anterior	Casa	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación	Sin destino fijo	Total
Casa origen	0,00	0,11	0,01	0,23	0,05	0,17	0,38	0,05	1,00
Casa	0,00	0,04	0,01	0,14	0,05	0,21	0,53	0,03	1,00
Trabajo	0,86	0,05	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	1,00
Estudio	0,84	0,01	0,03	0,05	0,00	0,04	0,03	0,00	1,00
Compras	0,89	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	1,00
Personal	0,82	0,01	0,00	0,04	0,03	0,04	0,05	0,01	1,00
Social	0,77	0,00	0,00	0,03	0,01	0,06	0,11	0,01	1,00
Ocio y recreación	0,85	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,08	0,02	1,00
Sin destino fijo	0,71	0,00	0,00	0,02	0,01	0,07	0,15	0,04	1,00

Fuente: elaboración propia

En general las matrices de ambos días muestran la pendularidad ya detectada de las actividades hacia el hogar. En la primera columna de las matrices se observan las altas probabilidades de retornar a casa luego de desarrollar los distintos tipos de actividades fuera del hogar (la probabilidad promedio de esta columna es de 0,8 para ambos días).

En día laboral, se observa que la mayor probabilidad (al salir de casa como origen) la sigue teniendo el ir al trabajo (0,46), seguido por compras y estudio (0,15 y 0,10 respectivamente). Cuando se sale de casa en alguna etapa intermedia, la mayor probabilidad de destino la tienen ocio-recreación (0,24), social (0,23), y trabajo (0,21). El día no laboral también cambia esta estructura, de forma más importante, ya que del hogar como origen, la mayor probabilidad la tienen las actividades de recreación (0,38), seguida por compras (0,23), y social (0,17). Luego de retornar a casa, la actividad de mayor probabilidad es recreación (0,53), seguida por actividades sociales (0,21), y compras (0,14). Para este año, la transición entre actividades fuera del hogar mantienen valores muy bajos de probabilidad, sin embargo para el día laboral se rompe el patrón observado el año 2001, en el sentido que ya no son las diagonales las de mayor probabilidad, sino que las actividades sin destino fijo también son relevantes.

El día no laboral presenta una estructura significativamente distinta a la anterior. Es así que del hogar (como origen), la mayor probabilidad es de ir a ocio-recreación (0,38), y luego a compras (0,23), seguidas por actividades sociales (0,17). Luego de retornar a casa, la actividad de mayor probabilidad es recreación (0,53), seguida por actividades sociales (0,21). La transición entre actividades fuera del hogar presenta, al igual que en el día laboral, probabilidades muy bajas aunque se registran algunos valores significativos (mayores a 0,1). Dichos valores relativamente altos se dan fuera de la diagonal (probabilidad de desarrollar otras actividades). Estas actividades complementarias son principalmente compras, actividades sociales, de ocio y recreación, y sin destino fijo.

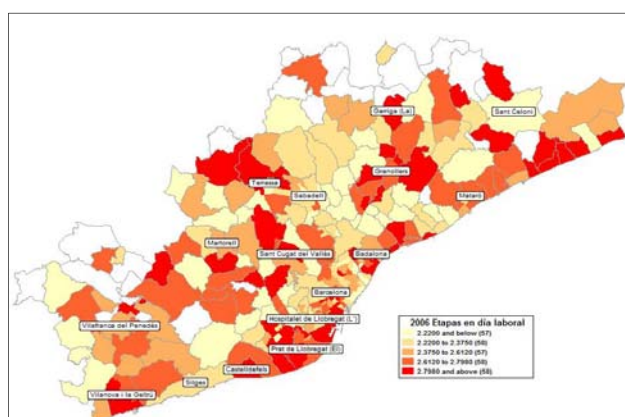


**En síntesis**, en las matrices de probabilidad de transición también se reflejan los comportamientos antes mencionados en relación a las diferencias entre día laboral y no laboral, los que tienen asociación directa a actividades condicionantes, y de no elección, de trabajo y estudio en el caso del día laboral, respecto de los días de desarrollo de actividades de elección, como son compras, sociales, personales, ocio y recreación, y sin destino fijo, en el caso del día no laboral.

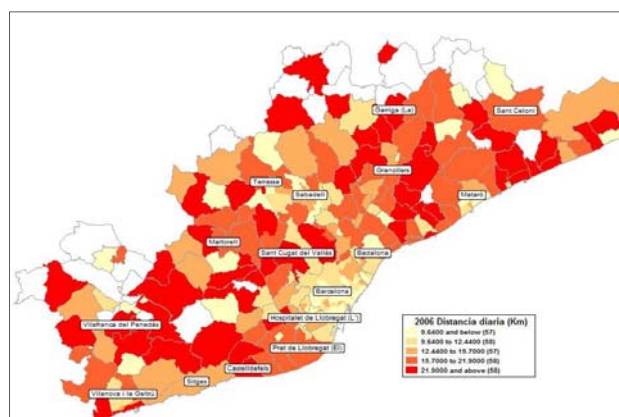
Para este año, nuevamente la presentación de las características de las cadenas de actividades en el área de estudio, se enmarca sólo a algunos de los indicadores antes presentados, y se referirán sólo al día laboral.

**Figura IV.42.-** Características de las cadenas de actividades en el territorio; número de actividades y distancia recorrida, RMB 2006

a.- Número de actividades



b.- Distancia recorrida en el día

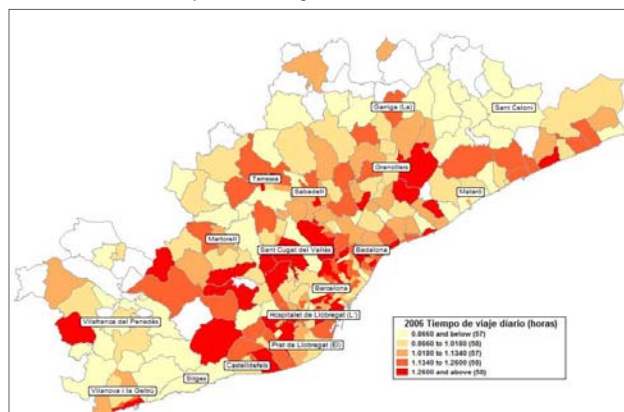


Fuente: elaboración propia

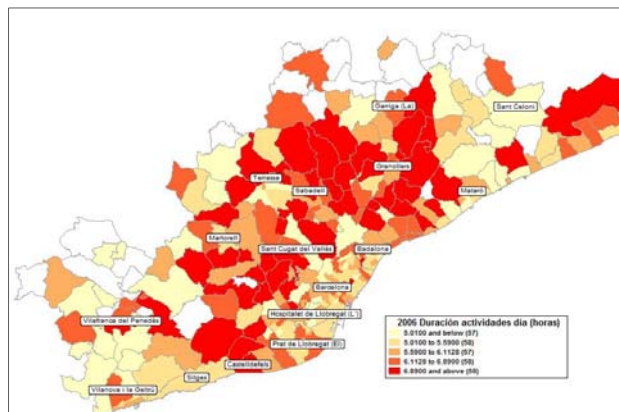
En relación al número medio de actividades de la cadena, la figura IV.42.a no muestra un patrón espacial claro de las zonas con mayor valor. Se aprecia que al interior de Barcelona, tanto el centro como las zonas de Sant Andreu-Nou barris, y Sarrià son las de relativo mayor número de actividades. Se aprecian algunas concentraciones de alto número de actividades en torno de El Prat de Llobregat, Badalona, Mataró, Granollers, Terrassa, Martorell, y Vilanova i la Geltrú. Por otra parte, la figura IV.42.b muestra la distancia total recorrida en el día laboral, en donde se reconoce una concentración de valores bajos en el sistema de Barcelona, al igual que en los centros de Terrassa, Sabadell, y Mataró. Fuera de estos puntos se observa una amplia periferia de altos valores de distancia diaria.

**Figura IV.43.-** Características de las cadenas de actividades en el territorio; tiempo de viaje y duración de actividades, RMB 2006

a.- Tiempo de viaje total



b.- Duración total de actividades



Fuente: elaboración propia

En relación al tiempo total de viaje (figura IV.43.a), se aprecia un patrón espacial relativamente disperso, sin una estructura clara, con zonas de alto valor tanto al centro del sistema de Barcelona como en las periferias.

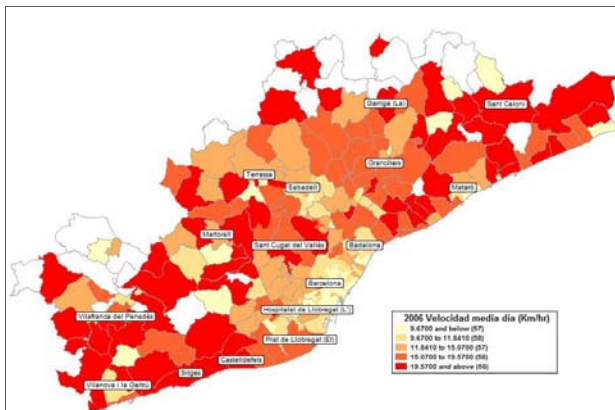
En relación a la duración total de las actividades fuera del hogar (figura IV.43.b), se aprecia un patrón espacial relativamente parecido a la distancia total, en donde los valores bajos se centran en las zonas centrales del municipio de Barcelona, y otros centros periféricos, siendo los valores más altos los de las zonas periféricas.

Al estudiar la velocidad media diaria (figura IV.44.a) se aprecia el mismo patrón de las duraciones de las actividades fuera del hogar, con un centro de Barcelona (y otros centros en Terrassa, Sabadell, Mataró, y Martorell) de baja velocidad, siendo las zonas periféricas a dicho centro las de mayor velocidad. En la grafica se percibe levemente la influencia de la red vial expresa y del ferrocarril, en una franja de altos valores que va desde Mataró hasta Martorell, pasando por el Vallès occidental.

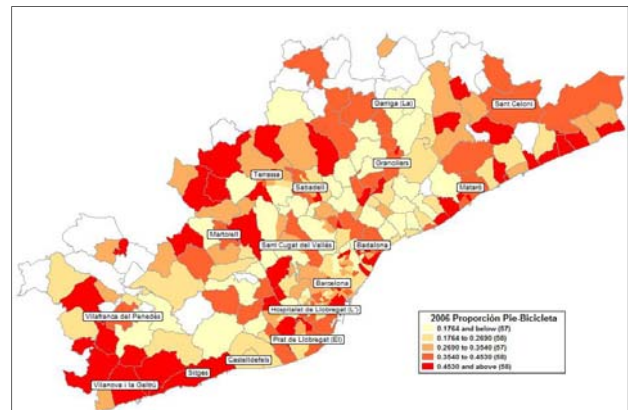
El comportamiento de las velocidades no coincide con la distribución espacial de la proporción de tiempo viajado a pie (figura IV.44.b), en la que se aprecian puntos dispersos por todo el área de estudio, con altos valores de dicha proporción (nótese que el valor máximo de la gráfica es de 0,45 y más).

**Figura IV.44.-** Características de las cadenas de actividades en el territorio; velocidad media y proporción modal, RMB 2006

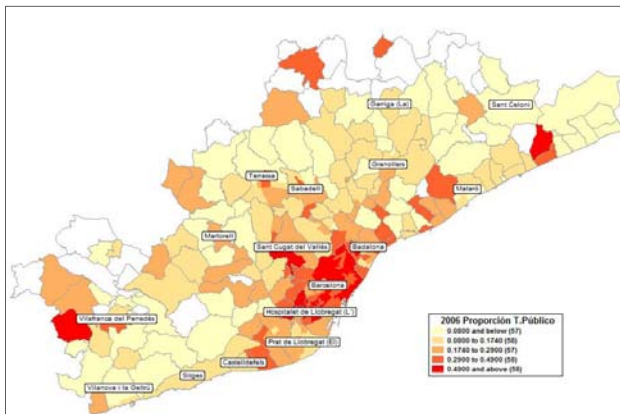
a.- Velocidad media día



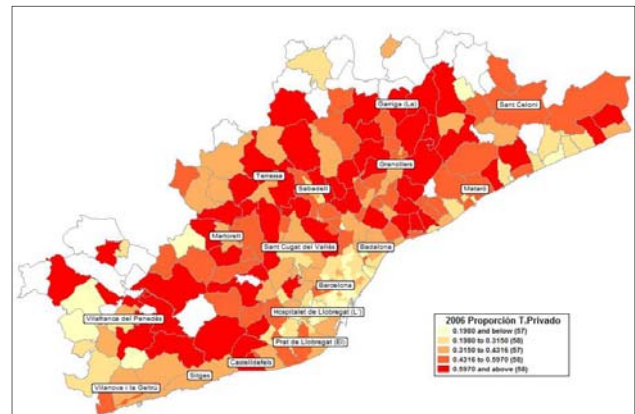
b.- Proporción de horas a Pie-bicicleta



c.- Proporción de horas en t.público



d.- Proporción de horas en t.privado



Fuente: elaboración propia

Finalmente, y complementando lo anterior, al analizar la distribución espacial de la proporción de horas viajadas en transporte público (figura IV.44.c) se aprecia la gran concentración central de altas proporciones (valores en torno al 0,4) principalmente en el sistema urbano de Barcelona. En relación a la proporción de horas viajadas en transporte privado (figura IV.44.d) se aprecia una periferia generalizada de altas proporciones (valores máximos de 0,6).

A continuación se muestran los valores medios de los indicadores presentados, por sistema urbano.

**Tabla IV.33.** - Características funcionales de las cadenas por sistema urbano, RMB 2006

Sistema urbano	Características de las cadenas del día laboral - año 2006						
	Número de actividades	Tiempo total de viaje (hr)	Duración de las actividades (hr)	Velocidad media (Km/hr)	Proporción pie-bicicleta	Proporción T.Público	Proporción T.Privado
Barcelona	3,6	1,0	5,4	6,3	0,3	0,4	0,3
Sabadell	3,7	0,9	5,5	9,4	0,3	0,2	0,4
Terrassa	3,6	0,9	5,6	8,2	0,3	0,2	0,6
Rubí	3,7	1,0	6,0	13,6	0,2	0,3	0,5
Granollers	3,7	0,9	5,7	9,9	0,3	0,2	0,5
Mollet del Vallès	3,7	0,9	6,1	9,3	0,2	0,2	0,6
Mataró	3,9	1,0	5,3	8,9	0,3	0,2	0,5
Sant Boi de Llobregat	3,6	1,0	5,6	10,8	0,3	0,3	0,4
Vilanova i la Geltrú	3,7	1,1	5,4	20,2	0,3	0,3	0,4
Sant Celoni	4,0	0,9	5,3	28,5	0,2	0,2	0,6

Fuente: elaboración propia

De la tabla IV.33 no se parecía una variación significativa en el número de actividades, ni en el tiempo total de viaje. Analizando las duraciones, se atenúa las situaciones detectadas el año 2001, respecto de la existencia de posibles subcentros de interacción preferentemente interna como (Barcelona, Mataró, Terrassa, Vilanova i la Geltrú, y Sant Celoni), dado que sus duraciones eran relativamente más bajas.

Respecto de las velocidades medias, los valores se explican por la partición modal del tiempo de viaje, asociándose las velocidades menores a la combinación entre pie-bicicleta y transporte público (que es el caso de Barcelona). La predominancia del transporte privado aumenta las velocidades, aunque se dan alguna singularidades donde se combina pie-bicicleta y transporte privado, generando tanto altas (Sant Celoni, Vilanova i la Geltrú) como bajas velocidades (Terrassa, Mollet, etc.).

**En síntesis,** se puede decir que la estructura espacial de las cadenas muestra una configuración central de bajos valores de tiempos de viajes y duraciones de las actividades, los que por otra parte no se asocian sólo al modo pie-bicicleta, sino más bien al modo transporte público, sustentado en la gran cobertura de oferta que presenta la zona central de Barcelona. La participación del transporte privado, es mayoritario en la periferia de Barcelona y los otros centros, producto de la restringida cobertura de transporte público, y la alta oferta de infraestructura vial de autopistas en la periferia, lo que finalmente se refleja en las altas velocidades medias.

### 4.3.2 La funcionalidad de las actividades

Las dimensiones del análisis de funcionalidad que se presentan, al igual que para el año 2001, se refieren a la caracterización del comportamiento estadístico tanto de las dimensiones espaciales y temporales del acceso, como las características temporales del desarrollo de la actividad. También se presenta la intensidad y diversidad social de la actividad, y finalmente la estructura espacial de las interacciones, identificando los protosistemas funcionales en el área de estudio.

#### 4.3.2.1 Características espaciales y temporales de las actividades

Este análisis responde a un enfoque de una persona tipo que desarrolla la actividad, el que se sintetiza en las distribuciones estadísticas de distintas variable.

Respecto de la **hora de inicio** de las actividades, en la tabla IV.34 se muestran los valores de los percentiles más relevantes, con el fin de describir el comportamiento de la distribución estadística de la variable.

**Tabla IV.34.-** Distribución de la hora de inicio de las actividades, RMB 2006

Día	Percentil	Hora de inicio					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	6:24	7:27	9:13	8:54	8:42	9:49
	25	7:25	7:57	9:54	9:54	10:51	11:54
	50	8:31	9:25	11:40	12:54	15:34	16:54
	75	13:54	15:27	17:22	16:54	17:24	18:54
	90	15:57	17:39	18:54	18:45	19:24	20:54
No laboral	10	5:54	7:57	8:54	9:24	10:24	9:54
	25	7:15	8:54	9:54	10:9	11:57	11:24
	50	8:56	10:54	10:49	12:24	14:54	15:54
	75	13:27	16:54	15:19	16:54	17:54	18:39
	90	17:9	18:39	17:55	19:9	19:54	21:13

Fuente: Elaboración propia

En general se puede decir que en todas las actividades no se aprecian grandes diferencias entre el día laboral y el no laboral (las diferencias son en general menores del 10%).

Los inicios más tempranos muestran que el trabajo y estudio son las primeras actividades en comenzar el día, seguidas de las actividades sociales y personales. Las actividades de inicio más tardío son compras y ocio y recreación, horarios que están sujetos a la apertura de los locales. En las horas de inicio medianas se observa que se mantienen como los más tempranos trabajo y estudio (8:31 y 9:25 hrs respectivamente), pero le siguen las compras y actividades personales (11:40 y 12:54 hrs respectivamente), luego las actividades sociales (15:34 hrs), y finalmente ocio y recreación (16:54hrs). La hora de inicio más tardía tiende a igualarse para las actividades, menos para trabajo y ocio-recreación (actividad que presenta una hora significativamente más tarde).

De lo expuesto, llama nuevamente la atención la regularidad de la hora de inicio de las actividades entre día laboral o no laboral (diferencias máximas de 1 hora), sobre todo para actividades distintas de trabajo y ocio, en el sentido que son estas las actividades que permiten la elección por parte de las personas.

En relación al **tiempo de viaje para acceder** a las actividades, en la tabla IV.35 se aprecia que existen tres actividades que presentan diferencias significativas entre los tiempos de acceso de día laboral y no laboral. Dichas actividades son compras, en la que el tiempo de día no laboral es en promedio un 17% mayor que el día laboral (específicamente en los tiempos medios), las actividades personales, en la que los tiempos del día no laboral son en promedio un 14% menores que los del día laboral, y finalmente las actividades sociales, con tiempos en día no laboral un 56% mayores que el día laboral (específicamente en los tiempos medios y altos).

**Tabla IV.35.-** Distribución del tiempo de viaje de acceso a las actividades, RMB 2006

Día	Percentil	Tiempo de acceso (minutos)					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	4	4	2	4	4	4
	25	9	8	4	9	4	9
	50	19	14	9	14	9	14
	75	29	28	14	28	18	27
	90	44	45	25	42	25	55
No laboral	10	4	4	3	4	4	4
	25	9	8	4	6	9	9
	50	14	14	9	11	14	19
	75	29	28	19	24	25	27
	90	38	40	25	42	40	55

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de viaje menores son relativamente similares en ambos días. Es en los tiempos medianos en donde se aprecia diferencias significativas entre las actividades. Es así que considerando el promedio de ambos días, los menores tiempos medianos de acceso los tienen las actividades de compras y actividades sociales (con 9 y 12 minutos respectivamente), seguidos por actividades personales y estudio con 13 y 14 minutos respectivamente, y finalmente trabajo y ocio-recreación, ambos con 17 minutos. En los tiempos más largo se reafirma más claramente la contracción temporal que presentan las compras y actividades sociales en relación a las otras actividades.

En relación a la **duración de las actividades**, en la tabla IV.36 se aprecia que existen diferencias significativas entre las duraciones de día laboral y no laboral. Es así que tanto el trabajo como compras aumentan aproximadamente un 23% la duración en día no laboral. El estudio disminuye un 35% la duración en día no laboral, mientras que las actividades sociales y de ocio-recreación aumentan la duración en día no laboral (más de 100% las actividades sociales, y un 32% las de ocio-recreación).

**Tabla IV.36.-** Distribución de la duración de las actividades, RMB 2006

Día	Percentil	Duración de la actividad (horas)					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	1,6	0,9	0,1	0,2	0,0	0,4
	25	3,5	2,0	0,3	0,5	0,2	0,5
	50	5,5	4,1	0,7	1,1	0,4	1,3
	75	8,5	5,8	1,3	1,8	1,7	2,2
	90	10,3	6,7	2,0	3,0	3,3	3,3
No laboral	10	2,8	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
	25	4,2	1,2	0,4	0,4	1,0	0,9
	50	6,0	2,5	0,9	1,2	2,5	1,9
	75	8,5	4,2	1,8	2,5	4,2	3,2
	90	11,2	6,4	2,8	4,6	6,4	4,9

Fuente: Elaboración propia

Al estudiar los valores se observa que las actividades condicionadas, como el trabajo y los estudios, presentan duraciones significativamente mayores que las no condicionadas. Las duraciones medianas de trabajo son del orden de las 5,7 horas, 3,3 horas de estudio, 0,8 horas de compras, 1,2 horas de actividades personales, y 1,6 horas de ocio-recreación. Las actividades sociales pasan de 0,4 horas en día laboral, a 2,5 horas en día no laboral.

En este caso se aprecia el mismo fenómeno del año 2001, en el sentido que el comportamiento de las compras no es el mismo de ocio-recreación, por lo que se mantiene la hipótesis que las compras responden a necesidades pragmáticas de las personas, por lo que se optimiza tanto su acceso como su duración, cosa que no ocurre con las actividades sociales y de ocio-recreación, que al parecer producirían mayor bienestar a la persona (pues es mayor tanto en duración como en tiempos de acceso).

Respecto de las **distancias recorridas para el acceso a las actividades**, de la tabla IV.37 se aprecia que existen diferencias significativas entre el día laboral y no laboral. Mientras la actividad de trabajo disminuye un -13,1% las distancias en día no laboral, las distancias de acceso a las actividades de compras aumentan un 25%, a actividades sociales un 59%, y a actividades de ocio-recreación un 24%. Las actividades personales disminuyen su distancia recorrida en día no laboral un 12,6%.

**Tabla IV.37.-** Distribución de la distancia recorrida en el acceso a las actividades, RMB 2006

Día	Percentil	Distancia recorrida en el acceso (Km)					
		Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	1,1	0,9	0,7	0,8	0,7	0,7
	25	1,9	1,4	0,8	1,2	1,1	1,0
	50	3,7	2,6	1,2	2,1	1,7	1,7
	75	7,6	5,5	2,1	4,3	3,0	2,9
	90	14,6	11,5	3,9	8,6	6,5	6,1
No laboral	10	1,0	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7
	25	1,5	1,1	0,9	1,1	1,4	1,1
	50	3,0	2,2	1,4	2,0	2,6	2,0
	75	6,8	6,9	2,7	3,4	5,9	4,3
	90	14,0	15,0	6,4	7,1	13,4	8,4

Fuente: Elaboración propia

Analizando los valores se observa que las actividades de trabajo y estudios presentan distancias significativamente mayores que el resto de actividades. Las distancias medianas a trabajo son del orden de 3,3 Km, a estudio 2,4 Km, a

compras 1,3 Km, a actividades personales 2,1 Km, a actividades sociales 2,1 Km, y a actividades de ocio y recreación 1,8 Km. Analizando los valores mayores se realiza la contracción espacial de las actividades no condicionadas (diferentes de trabajo y estudio), y específicamente de compras.

En la tabla IV.38 se presentan las **velocidades medias de acceso** a las distintas actividades, y también las particiones modales de los tiempos de viaje de acceso a las actividades, de manera de entender el comportamiento de las velocidades medias. Como se aprecia de la tabla de velocidades, existen diferencias significativas entre el día laboral y no laboral. Las velocidades medias de trabajo y estudio aumentan un 16% y 9% respectivamente. Las velocidades de las otras actividades aumentan, un 21,1% en compras, un 5,5% en actividades personales, un 29% en actividades sociales, y un 13% en actividades de ocio y recreación.

En la tabla de particiones modales se observa que los aumentos de velocidades se deben por el aumento de la participación del coche, restando en algunos casos a la caminata, y en otros al transporte público. Los mayores aumentos es cuando se disminuye la participación del modo caminata en post del aumento de participación del coche. En el caso de las actividades personales, que menos aumenta la velocidad, es por la disminución del transporte público y aumento de la caminata y el coche.

**Tabla IV.38.-** Distribución de la velocidad media del acceso a las actividades, y partición modal del tiempo de viaje, RMB 2006

		Velocidad media viaje (Km/hr)					
Día	Percentil	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	10	4,9	4,3	2,9	3,2	3,6	1,5
	25	7,8	6,7	5,0	5,2	5,7	3,2
	50	12,9	10,3	9,0	9,0	9,6	6,9
	75	22,3	16,4	16,3	15,6	16,6	14,3
	90	37,3	26,7	29,9	27,4	28,8	29,7
No laboral	10	5,6	4,0	3,3	2,6	4,2	1,6
	25	8,8	5,8	5,7	5,5	7,1	3,7
	50	13,8	9,9	10,4	9,8	12,1	8,2
	75	27,4	19,7	21,6	16,6	22,4	16,6
	90	46,8	39,6	38,7	34,2	40,2	31,2

		Partición modal del tiempo de viaje de acceso (%)					
Día	Modo	Trabajo	Estudio	Compras	Personal	Social	Ocio y recreación
Laboral	Pie-Bicicleta	10	19	62	25	35	72
	T. Público	40	63	17	43	28	13
	T. Privado	49	18	21	32	37	15
No laboral	Pie-Bicicleta	9	25	48	34	18	55
	T. Público	37	35	14	24	23	16
	T. Privado	54	40	39	42	59	29

Fuente: Elaboración propia

Resultado de lo antes expuesto, es que las velocidades medianas mayores corresponde al trabajo y actividades sociales, con 13,3 Km/hr y 10,8 Km/hr respectivamente. Le sigue estudio con 10,1 Km/hr, y luego compras y actividades personales con 9,7 y 9,4 Km/hr respectivamente. Finalmente las actividades de ocio-recreación muestran una velocidad de 7,5 Km/hr.

Nuevamente el comportamiento de las velocidades sintetiza lo anteriormente expuesto, en lo referente a los tiempos y distancias de acceso. Las actividades condicionadas (trabajo y estudio) por su carácter de actividad predefinida, origina que las personas accedan a ellas de manera más rápida, y en modos más flexibles y de poca incerteza en lo que a tiempos de acceso se refiere. En cambio, en las



actividades poco condicionadas, las personas acceden de forma relativamente más lenta (con mayor incerteza respecto de los tiempos de viaje), en modos más condicionados, ya sea por oferta o por capacidad física.

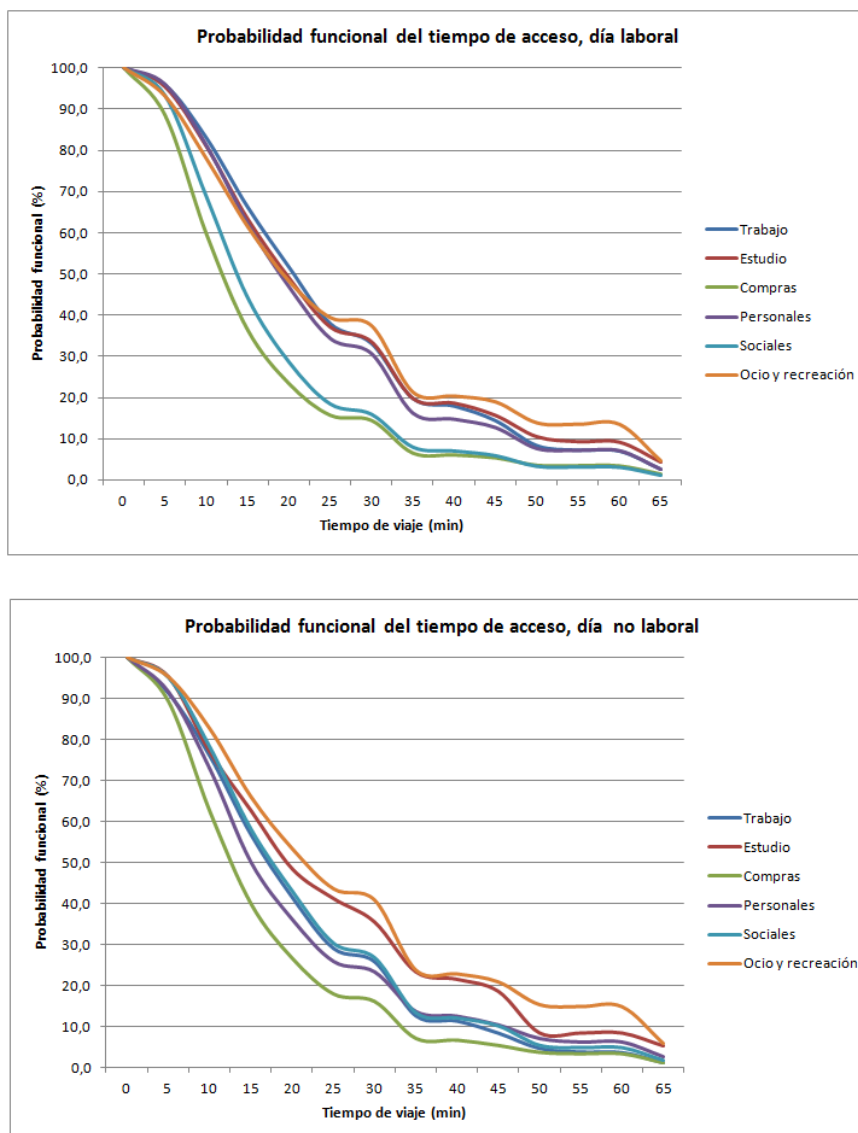
#### *4.3.2.2 Probabilidad funcionalidad de las actividades*

Cabe recordar, cómo se mencionó en la metodología, que la probabilidad funcional muestra las preferencias que han mostrado las personas en relación a los tiempos de viaje y a la duración de las distintas actividades. Es por lo anterior que se transforma en un indicador del comportamiento funcional global de la actividad, que lo resume del todo.

Como también se mencionó en el apartado metodológico del capítulo III, la probabilidad se analiza de forma parcial (para el tiempo de acceso a la actividad, y la duración de la misma por separado), y también de forma conjunta (considerando a la vez las condiciones de acceso y duración).

A continuación (figura IV.45) se presentan las curvas de la probabilidad funcional del tiempo de acceso a las actividades analizadas.

**Figura IV.45.-** Probabilidad funcional parcial del tiempo de acceso a las actividades, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

Para el año 2006, el ejemplo planteado sería que en un día laboral, un viaje de 25 minutos, tiene una probabilidad de realizarse de un 37,8% si es para acceder al trabajo, de 37,1% si es de acceso a estudios, de 15,6% si es para acceder a compras, de 34,2% si es para actividades personales, de 18,3% si es para acceder a actividades sociales, y una probabilidad de 39,4% si es para acceder a actividades de ocio-recreación. Es decir, existen mayores probabilidades de viajar 25 minutos para acceder a estudio o trabajo o actividades de ocio-recreación, y muy baja probabilidad para acceder a compras.

Aclarado lo anterior, en la gráfica del día laboral también se aprecian los puntos de inflexión en el comportamiento de las pendientes de las curvas, debido al sesgo de las respuestas que tienden a particiones regulares de una hora (cuartos o media hora).

Independiente de lo anterior, para el día laboral se observan asociaciones en el comportamiento de las distintas actividades. Es así que las curvas de las

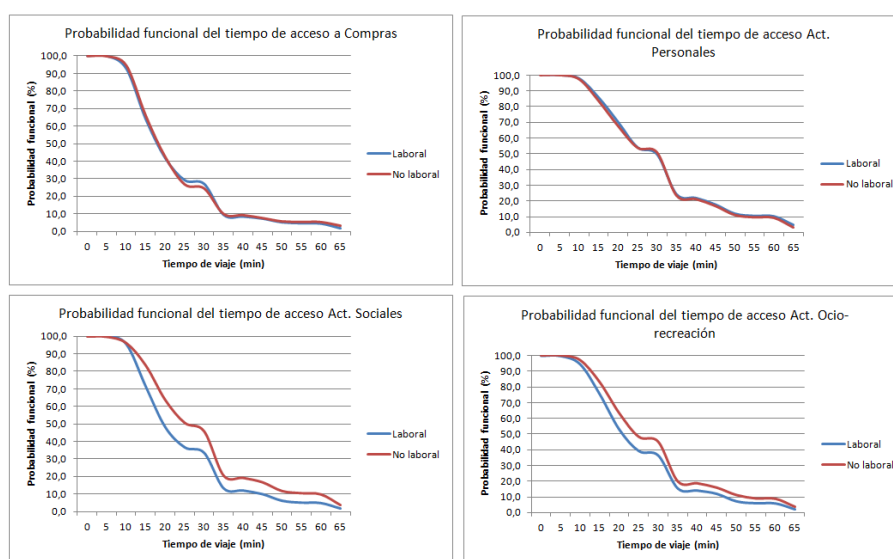
actividades de trabajo, estudios, de ocio-recreación, y personales (trámites y motivos sanitarios) mantienen las mayores probabilidades funcionales para todos los tiempos de viaje. El otro grupo lo conforman las actividades de compras y sociales. Que compras sea la de menor probabilidad funcional quiere decir que los tiempos de acceso a compras son los menores de todas las actividades, situación ya detectada en los análisis anteriores.

A partir de los 35 minutos de viaje, todas las actividades presentan bajos valores de probabilidad funcional (menores de 20%), hasta que pasado los 60 minutos de viaje, todas las actividades muestran probabilidades menores del 10%.

En el día no laboral se aprecia otra estructura, ya que se comporta de manera similar la actividad de trabajo. El comportamiento de la actividad de estudios sigue siendo relativamente particular, pues mantiene su probabilidad funcional entre día laboral y no laboral, situación relativamente no esperada.

Las actividades personales y compras, en día no laboral, disminuyen levemente su probabilidad, y por ende disminuyen los tiempos (figura IV.46). Por otra parte, las actividades sociales aumentan su probabilidad. Con las más altas probabilidades se mantienen las actividades de estudio y ocio-recreación. Y finalmente compras se mantiene con las menores probabilidades.

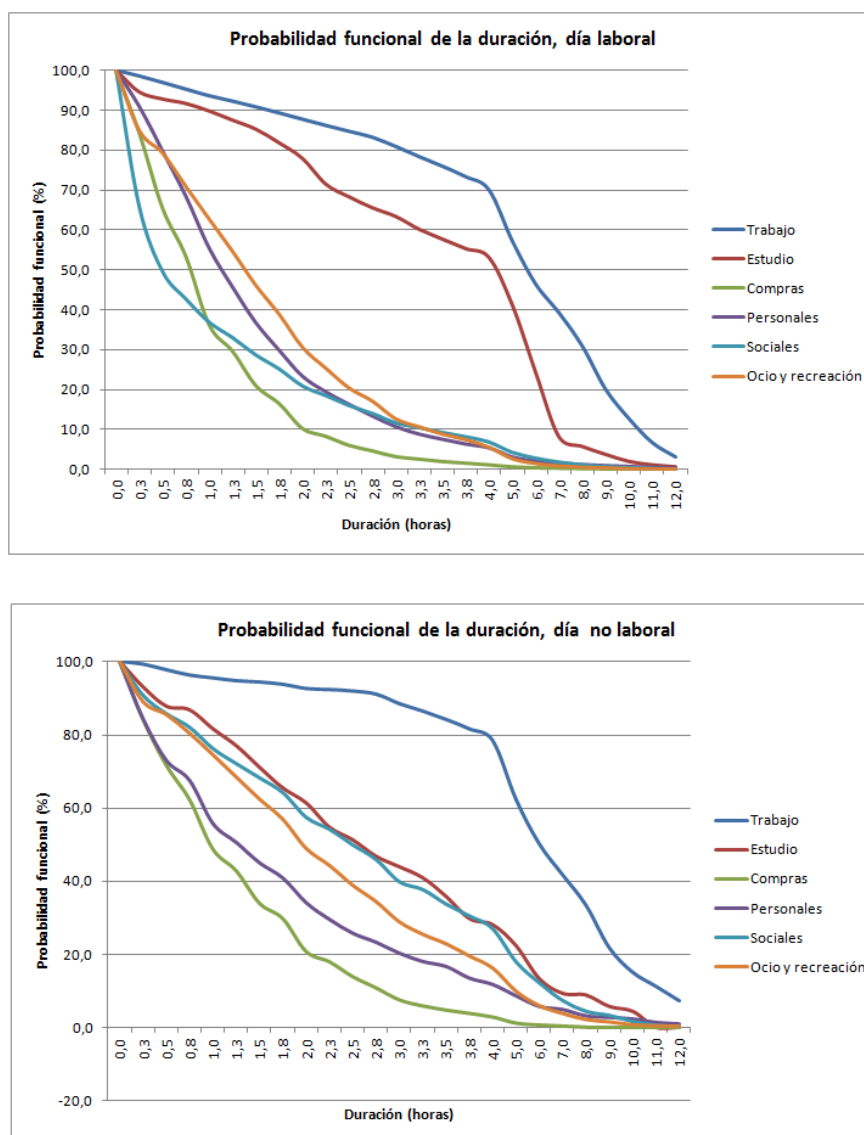
**Figura IV.46.-** Comparación de probabilidades funcionales de acceso de actividades no ocupacionales (no obligadas), RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

En la figura IV.47 se presentan los resultados de la probabilidad funcional de la duración de las actividades.

**Figura IV.47.-** Probabilidad funcional parcial de la duración de las actividades, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la probabilidad funcional de la duración, el ejemplo sería para un día no laboral, en la RMB, una duración de actividad de 2 horas tiene una probabilidad de realizarse de un 87,7% si es de trabajo, una probabilidad de 77,8% si es de estudio, una probabilidad de 10,2% si es de compras, una probabilidad de 23,2% si es de actividades personales, una probabilidad de 20,9% si es de actividades sociales, y una probabilidad de 30,6% si es de ocio y recreación. Es decir, existen mayores probabilidades de duración de 2 horas en actividades de trabajo o estudio, que en las otras actividades. En este caso es necesario recordar que la probabilidad funcional refleja el comportamiento (probabilístico) de una persona tipo, residente en la RMB el año 2006, que se enfrenta a desarrollar una actividad por 2 horas, que resulta de la lógica propia de la actividad.

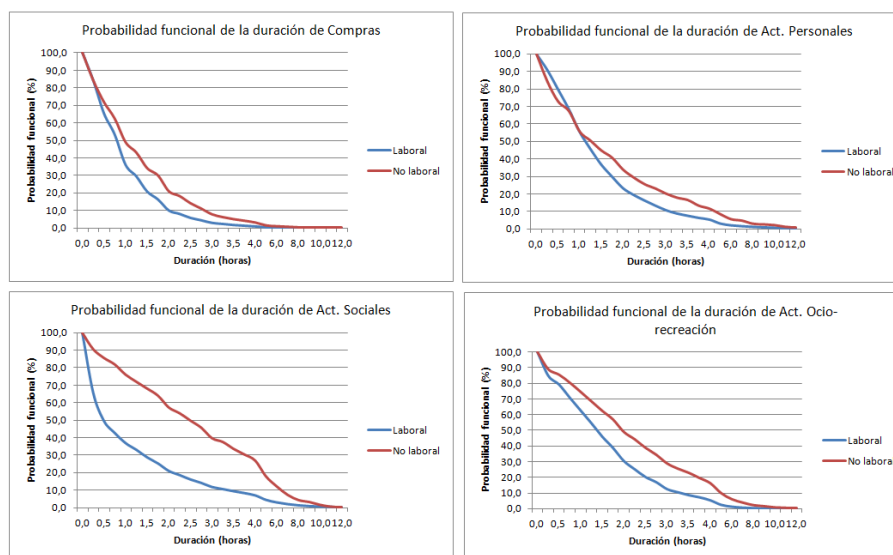
En la tabla y gráfica del día laboral, se aprecia un comportamiento más monótono que las probabilidades de acceso. A pesar de esto, las actividades de trabajo y estudio presentan un punto de inflexión cercano a las 4 horas de duración (media jornada).

Para el día laboral se observan los mismos grupos de actividades asociadas que el año 2001. Por una parte están el trabajo y estudio, con altas probabilidades, dadas sus altas duraciones, las que están determinadas por las lógicas propias de cada actividad. Y por otra parte están el resto de actividades, de duración de menor probabilidad funcional (es decir duraciones menores). En este segundo grupo se observa que hasta 1,0 horas de duración, las actividades sociales presentan la menor probabilidad, y que a partir de dicho punto son las compras las de menores probabilidades. Esto reafirma lo planteado en el año 2001, respecto del hecho que en día laboral, las actividades sociales están preferentemente enfocadas a acompañar personas (niños al colegio o hasta que lleguen los abuelos, y abuelos en sus residencias) más que la visita de amigos. Todas las actividades en este grupo muestran una significativa contracción de sus duraciones, dadas las significativas duraciones de trabajo y estudio (situación que ya se verificara en los análisis anteriores).

En la grafica del día no laboral se observa que el comportamiento de la actividad de trabajo es diferente en relación a lo verificado el año 2001, ya que disminuye muy poco las probabilidades funcionales, manteniendo los valores mayores del día laboral. Esto se podría explicar si es que la probabilidad del día laboral estuviese altamente condicionada por actividades terciarias, que repetirían su formato el día no laboral, con una jornada más extendida, como lo que ocurre en las grandes superficies comerciales. Dada la imposibilidad de clasificar el trabajo según actividad, esta hipótesis no se puede verificar.

Por otra parte, en el día no laboral disminuye la probabilidad de estudio, mientras que aumentan las probabilidades, principalmente de actividades sociales y de ocio-recreación, y en menor grado las compras y actividades personales (figura IV.48).

**Figura IV.48.** - Comparación de probabilidades funcionales de la duración de actividades no ocupacionales (no obligadas), RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

Haciendo una interpretación más general, sobre todo de lo que ocurre en día laboral, el comportamiento de las curvas representa el *trade-off* en el consumo del tiempo, en el sentido que mientras más aumenten las probabilidades de la duración

de las actividades de trabajo y estudio, más disminuirán las probabilidades del resto de las actividades, por lo que se apreciará una forma tendiente al cuadrado. Esta misma situación pero en día laboral, tiende a desaparecer, ya que las curvas tienden al centro, disminuyendo las duraciones de trabajo y estudio, y aumentando las duraciones de las restantes actividades.

Al igual que el año 2001, en todo lo expuesto se ratifica la connotación de síntesis parcial de los fenómenos de acceso y desarrollo de las actividades, que se le otorga a este nuevo indicador denominado probabilidad funcional.

La integración de las distintas probabilidades funcionales del tiempo de acceso y duración, en lo que se ha denominado la probabilidad funcional conjunta, se presenta en la tabla IV.39 los resultados de la probabilidad funcional conjunta de la actividad de trabajo. En este punto es necesario recordar que la probabilidad conjunta, es una estandarización al valor máximo registrado en la tabla de doble entrada de frecuencias, es decir, el valor 100 se asigna a la mayor frecuencia registrada en la matriz (moda).

Para ejemplificar la lectura de esta tabla, se tiene que en un día laboral del año 2006, lo más probable (100%) que hiciese un trabajador era viajar hasta 15 minutos, y trabajar entre 3,5 y 4 horas. Mientras que el día no laboral, la situación más probable se mantiene hasta 15 minutos de viaje, pero la duración aumenta al intervalo entre 4,0 y 4,5 horas.

**Tabla IV.39.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividad trabajo, RMB 2006

Día laboral						Día no laboral					
2006	Tiempo de viaje (hr)					2006	Tiempo de viaje (hr)				
Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
0 - 0,5	42	32	20	7	4	0 - 0,5	18	20	12	0	1
0,5 - 1,0	43	40	19	7	4	0,5 - 1,0	12	18	11	4	4
1,0 - 1,5	30	33	19	8	5	1,0 - 1,5	12	4	4	0	6
1,5 - 2,0	38	38	20	8	3	1,5 - 2,0	18	10	11	0	0
2,0 - 2,5	42	35	17	6	4	2,0 - 2,5	6	9	0	0	0
2,5 - 3,0	61	43	18	5	4	2,5 - 3,0	51	21	5	0	0
3,0 - 3,5	73	56	27	10	4	3,0 - 3,5	40	28	9	6	8
3,5 - 4,0	100	67	28	8	4	3,5 - 4,0	75	26	17	3	7
4,0 - 4,5	98	81	32	14	6	4,0 - 4,5	100	74	15	10	0
4,5 - 5,0	94	71	31	10	5	4,5 - 5,0	91	19	41	4	6
5,0 - 5,5	86	74	36	12	8	5,0 - 5,5	65	53	29	1	0
5,5 - 6,0	60	52	27	8	5	5,5 - 6,0	44	41	17	9	5
6,0 - 6,5	42	39	24	12	8	6,0 - 6,5	45	25	11	7	3
6,5 - 7,0	41	40	26	5	6	6,5 - 7,0	37	37	11	8	4
7,0 - 7,5	44	54	35	17	10	7,0 - 7,5	44	38	17	3	0
7,5 - 8,0	39	44	26	10	5	7,5 - 8,0	31	40	10	0	1
8,0 - 8,5	64	74	30	18	12	8,0 - 8,5	62	46	28	17	0
8,5 - 9,0	45	63	38	13	9	8,5 - 9,0	40	23	29	7	0
9,0 - 9,5	24	37	35	20	12	9,0 - 9,5	43	16	7	5	0
9,5 - 10,0	20	38	34	13	11	9,5 - 10,0	33	29	14	1	0
> 10,0	3	6	5	3	3	> 10,0	4	5	4	1	1

Fuente: Elaboración propia

Analizando el patrón del día laboral, se observan probabilidades significativas (por sobre 20%) en tiempo de viaje hasta 0,75 horas, con dos concentraciones en duraciones entorno de las 4 y 8,5 horas. Para el día no laboral se observa un patrón similar de duraciones que el día laboral, y una relativa disminución de los tiempos de viaje. La probabilidad máxima se mantiene en tiempo de viaje, pero pasa de una duración de 3,5 a 4,5 horas (media jornada), como se verificará en el análisis parcial de las duraciones.

Lo peculiar de esta situación, ya se mencionó en el punto anterior, respecto de que no se aprecian cambios significativos en esta actividad, entre día laboral y no laboral.

En la tabla IV.40 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de la actividad de estudio.

**Tabla IV.40.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividad de estudio, RMB 2006

Día laboral		Tiempo de viaje (hr)					
2006		Tiempo de viaje (hr)					
Duración (hr)		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	
0 - 0,5	79	30	6	1	1		
0,5 - 1,0	30	18	7	0	1		
1,0 - 1,5	43	24	11	6	2		
1,5 - 2,0	60	47	22	6	4		
2,0 - 2,5	100	59	27	8	9		
2,5 - 3,0	32	33	18	4	4		
3,0 - 3,5	23	36	28	12	7		
3,5 - 4,0	18	27	23	10	6		
4,0 - 4,5	23	32	26	11	9		
4,5 - 5,0	39	38	22	9	6		
5,0 - 5,5	42	39	29	10	12		
5,5 - 6,0	81	56	28	6	7		
6,0 - 6,5	42	33	27	11	12		
6,5 - 7,0	68	60	28	8	6		
7,0 - 7,5	3	9	7	6	2		
7,5 - 8,0	3	5	3	1	1		

Día no laboral		Tiempo de viaje (hr)					
2006		Tiempo de viaje (hr)					
Duración (hr)		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25	
0 - 0,5	84	21	14	8	0		
0,5 - 1,0	61	0	0	16	4		
1,0 - 1,5	100	35	0	0	0		
1,5 - 2,0	52	55	9	12	0		
2,0 - 2,5	95	21	16	0	0		
2,5 - 3,0	5	22	37	32	0		
3,0 - 3,5	26	22	16	27	12		
3,5 - 4,0	8	51	28	14	0		
4,0 - 4,5	0	18	27	9	0		
4,5 - 5,0	4	0	18	0	0		
5,0 - 5,5	0	29	30	15	0		
5,5 - 6,0	32	0	0	0	0		
6,0 - 6,5	0	13	10	0	11		
6,5 - 7,0	0	6	0	0	0		
7,0 - 7,5	0	6	0	0	0		
7,5 - 8,0	0	0	0	0	0		

Fuente: Elaboración propia

El día laboral muestra una distribución expandida tanto en duración como en viaje, con mayores probabilidades para duraciones entorno a las 2,5 horas, y viajes hasta 0,25 horas. En el día no laboral se aprecia una perdida generalizada de probabilidad, pero también se muestra una concentración de probabilidades hacia altas duraciones y tiempos de viaje. De cualquier manera, el máximo se mantiene hasta las 0,25 horas de viaje, y baja hasta 1,5 horas de duración. Cabe recordar que al igual que el año 2001, en este año la frecuencia de personas que desarrollan la actividad de estudio en día no laboral es muy baja, por lo que reflejan comportamientos muy particulares.

En la tabla IV.41 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de la actividad de compras.

**Tabla IV.41.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividad de compras, RMB 2006

Día laboral		Tiempo de viaje (hr)			
2006		Tiempo de viaje (hr)			
Duración (hr)		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00
0 - 0,5	100	17	8	2	
0,5 - 1,0	74	24	9	2	
1,0 - 1,5	32	17	6	1	
1,5 - 2,0	21	13	5	1	
2,0 - 2,5	7	6	2	1	
2,5 - 3,0	5	4	2	0	
3,0 - 3,5	1	2	1	0	
3,5 - 4,0	1	1	1	0	
4,0 - 4,5	0	0	0	0	
4,5 - 5,0	0	0	0	0	

Día no laboral		Tiempo de viaje (hr)			
2006		Tiempo de viaje (hr)			
Duración (hr)		0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00
0 - 0,5	100	17	8	1	
0,5 - 1,0	74	20	7	2	
1,0 - 1,5	40	15	8	2	
1,5 - 2,0	32	22	6	0	
2,0 - 2,5	12	11	6	2	
2,5 - 3,0	11	10	7	0	
3,0 - 3,5	3	6	3	1	
3,5 - 4,0	2	4	2	0	
4,0 - 4,5	0	2	1	0	
4,5 - 5,0	2	1	0	0	

Fuente: Elaboración propia

En las graficas de la tabla se aprecia una muy leve contracción temporal de la actividad de compras en el día no laboral, respecto del día laboral. Esta contracción es en el tiempo de acceso, que por otra parte produce una leve expansión de la duración. Este sería el ejemplo más claro de un comportamiento tipo *trade-off*, es decir que se sustituye tiempo de viaje por duración (bienes sustitutos).

Este comportamiento detectado es estructuralmente distinto al verificado el año 2001, en donde la relación de indiferencia era a mayor des-utilidad por el tiempo de viaje, mayor utilidad en duraciones mayores. Entonces surge una interesante pregunta (pero que no deja de estar bajo la duda de lo comparable que son las encuestas de viajes utilizadas), que se refiere a si efectivamente existe este cambio estructural, y a que se debe.

En la tabla IV.42 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de las actividades personales.

**Tabla IV.42.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividades personales, RMB 2006

Día laboral		Tiempo de viaje (hr)				
2006	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
	0 - 0,5	100	49	23	6	5
	0,5 - 1,0	94	78	30	9	6
	1,0 - 1,5	59	57	31	12	10
	1,5 - 2,0	43	39	24	6	8
	2,0 - 2,5	17	21	16	6	4
	2,5 - 3,0	15	16	14	3	2
	3,0 - 3,5	6	8	8	3	3
	3,5 - 4,0	5	7	5	2	1
	4,0 - 4,5	1	4	3	2	2
	4,5 - 5,0	2	3	3	0	0

Día no laboral		Tiempo de viaje (hr)				
2006	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
	0 - 0,5	100	21	24	2	3
	0,5 - 1,0	58	23	7	6	4
	1,0 - 1,5	33	22	3	3	1
	1,5 - 2,0	31	23	2	3	0
	2,0 - 2,5	12	24	5	2	0
	2,5 - 3,0	10	10	7	0	2
	3,0 - 3,5	9	3	4	2	2
	3,5 - 4,0	11	5	8	0	3
	4,0 - 4,5	2	3	1	0	0
	4,5 - 5,0	2	6	1	2	1

Fuente: Elaboración propia

En las gráficas de la tabla se aprecia un comportamiento generalizado de contracción temporal del día no laboral, tanto en tiempo de acceso como en la duración. El máximo del día laboral se situaba hasta 0,25 horas de tiempo de viaje, y hasta 0,5 horas de duración, situación que se mantiene en el día no laboral.

Lo expuesto podría interpretarse por la lógica de las actividades personales analizadas (tramites y sanidad), en el sentido que esta actividades prácticamente desaparece el día no laboral.

En la tabla IV.43 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de las actividades sociales.



**Tabla IV.43.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividades sociales, RMB 2006

Día laboral		Tiempo de viaje (hr)				
2006	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
	0 - 0,5	100	38	7	1	1
	0,5 - 1,0	20	11	4	1	1
	1,0 - 1,5	12	7	3	1	1
	1,5 - 2,0	10	7	4	1	1
	2,0 - 2,5	6	5	2	1	1
	2,5 - 3,0	5	4	2	1	0
	3,0 - 3,5	2	2	1	1	1
	3,5 - 4,0	3	2	2	0	0
	4,0 - 4,5	1	1	1	0	0
	4,5 - 5,0	1	1	0	0	0
	5,0 - 5,5	1	1	1	0	0
	5,5 - 6,0	0	1	0	0	0
	6,0 - 6,5	0	1	0	0	0
	6,5 - 7,0	1	0	0	0	0
	7,0 - 7,5	0	0	0	0	0
	7,5 - 8,0	0	0	0	0	0

Día no laboral		Tiempo de viaje (hr)				
2006	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
	0 - 0,5	100	65	26	3	2
	0,5 - 1,0	74	35	19	2	1
	1,0 - 1,5	48	38	14	5	4
	1,5 - 2,0	73	46	21	6	1
	2,0 - 2,5	46	35	16	5	1
	2,5 - 3,0	61	48	24	5	1
	3,0 - 3,5	35	30	11	6	3
	3,5 - 4,0	35	37	15	4	3
	4,0 - 4,5	22	12	15	6	2
	4,5 - 5,0	23	19	15	4	5
	5,0 - 5,5	6	8	10	5	3
	5,5 - 6,0	17	14	12	3	1
	6,0 - 6,5	7	10	7	3	6
	6,5 - 7,0	11	11	5	2	3
	7,0 - 7,5	3	4	3	4	3
	7,5 - 8,0	6	9	7	1	0

Fuente: Elaboración propia

De las graficas de la tabla queda clara la alta contracción temporal de las actividades sociales en el día laboral, y la significativa expansión temporal tanto en duración como en tiempo de viaje en el día no laboral. A pesar de esto, el pico de mayor probabilidad se mantiene hasta 15 minutos de viaje y hasta 30 minutos de duración, en día laboral y no laboral.

Lo anterior ratifica lo mencionado para el año 2001, respecto que las actividades sociales del día laboral se asocian a acompañar a personas, mientras que en día no laboral se asocian a visitar a amigos y/o familiares.

En la tabla IV.44 se presentan los resultados de la probabilidad funcional conjunta de las actividades de ocio y recreación.

**Tabla IV.44.-** Probabilidad funcional conjunta de tiempo de acceso y duración; actividades de ocio y recreación, RMB 2006

Día laboral		Tiempo de viaje (hr)				
2006	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
	0 - 0,5	58	57	59	26	49
	0,5 - 1,0	90	37	56	14	12
	1,0 - 1,5	100	42	28	8	31
	1,5 - 2,0	97	59	27	5	7
	2,0 - 2,5	57	40	22	4	8
	2,5 - 3,0	45	31	17	3	3
	3,0 - 3,5	19	15	9	3	3
	3,5 - 4,0	17	14	7	3	1
	4,0 - 4,5	7	6	4	2	1
	4,5 - 5,0	5	6	4	0	1
	5,0 - 5,5	3	3	2	1	0
	5,5 - 6,0	3	2	1	0	0
	6,0 - 6,5	1	1	2	1	0
	6,5 - 7,0	0	1	1	0	0

Día no laboral		Tiempo de viaje (hr)				
2006	Duración (hr)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
	0 - 0,5	47	36	50	21	48
	0,5 - 1,0	71	33	41	15	11
	1,0 - 1,5	82	38	23	9	39
	1,5 - 2,0	100	60	36	8	8
	2,0 - 2,5	59	53	30	8	10
	2,5 - 3,0	67	51	32	4	5
	3,0 - 3,5	30	31	23	5	7
	3,5 - 4,0	39	37	22	6	2
	4,0 - 4,5	16	14	15	5	4
	4,5 - 5,0	13	17	12	4	2
	5,0 - 5,5	8	6	8	6	5
	5,5 - 6,0	7	12	8	1	0
	6,0 - 6,5	3	4	4	1	4
	6,5 - 7,0	3	5	7	1	1

Fuente: Elaboración propia

De las graficas nuevamente queda clara la significativa expansión temporal tanto en duración como en tiempo de viaje en el día no laboral, pero en este caso el día laboral no presenta una situación temporal tan contraída como la actividad anterior.

El pico de mayor probabilidad pasa de 15 minutos de viaje y 1,5 horas de duración en día laboral, a 2 horas de duración en día no laboral, manteniendo el tiempo de viaje. La mayor variación se da en la duración de estas actividades.

***En síntesis** se puede decir que tanto la probabilidad conjunta, como las probabilidades parciales representan de buena manera el comportamiento temporal de las personas en el desarrollo de las actividades, ratificando las diferencias presentadas en el análisis detallado de las variables, y dando la imagen global del fenómeno en la RMB al año 2006, que en general es similar al año 2001.*

*Las actividades condicionadas de trabajo y estudio presentan una gran expansión temporal (en tiempo de viaje y duración) el día laboral, la que se contrae relativamente poco el día no laboral. Esta contracción no es de gran magnitud, dado que el trabajo y el estudio no cambian su localización ni su forma de realización. Luego se identifica otro grupo de actividades que presentan un menor condicionamiento, y una mayor posibilidad de elección. Estas actividades son las y actividades de compras y personales. Las actividades personales muestran una gran contracción temporal el día no labora, en relación al día laboral. Las compras presentan un claro comportamiento trade-off, entre el tiempo de acceso y la duración, entre el día laboral y no laboral, lo que significa un cambio paradigmático respecto de lo mostrado el año 2001.*

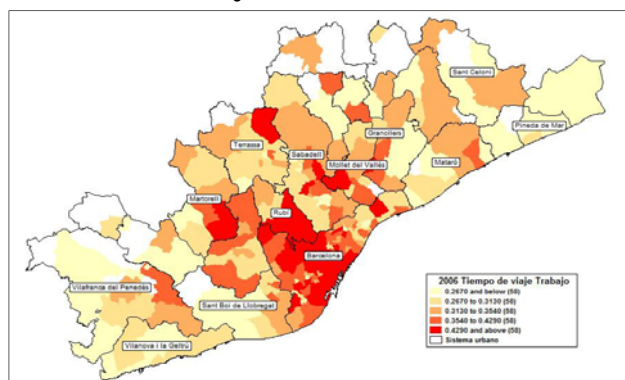
*Finalmente se aprecia que las actividades sociales y de ocio-recreación sí presentan un mayor bienestar en su desarrollo, por lo que se expanden significativamente sus comportamientos temporales, principalmente las duraciones, y en segundo lugar el tiempo de acceso. Las actividades sociales del día laboral son diferentes de las del día no laboral, lo que se refleja en los comportamientos parciales y conjuntos.*

Nuevamente, el análisis espacial de las características funcionales de las actividades se referirá sólo al día laboral, y a los indicadores de tiempo de acceso y duración. El análisis se realizará a nivel de sistema urbano.

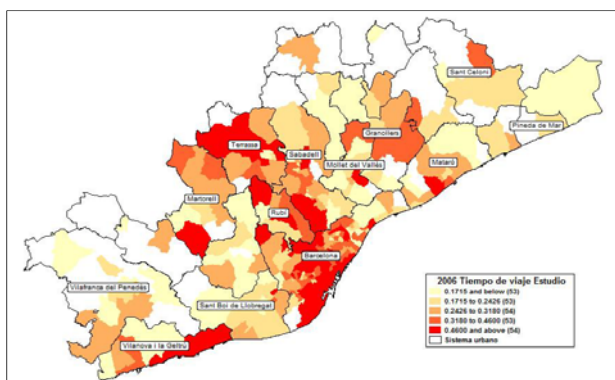
En la figura IV.49 se presentan las distribuciones espaciales de los tiempos de acceso a las distintas actividades analizadas.

**Figura IV.49.-** Tiempos de acceso del día laboral, RMB 2006

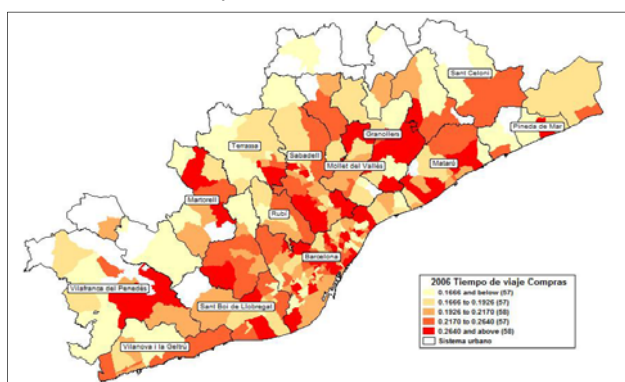
a.- Trabajo



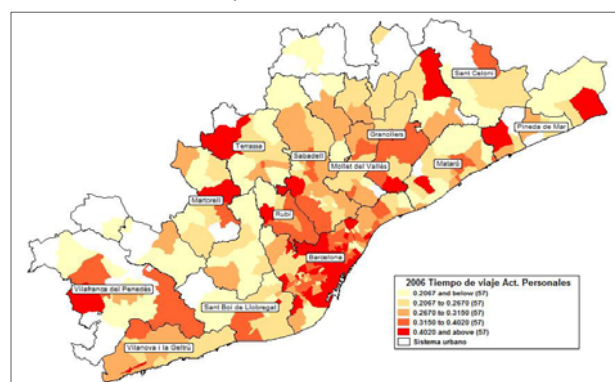
b.- Estudio



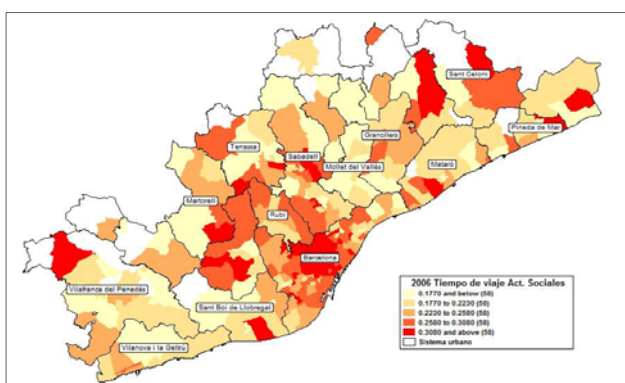
c.- Compras



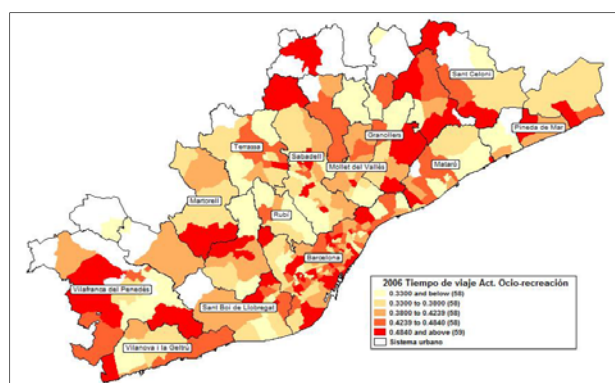
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



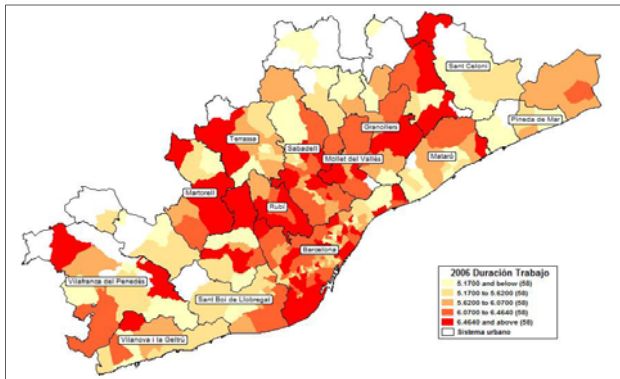
Fuente: elaboración propia

En general los valores altos se encuentran en los sistemas urbanos centrales, lo que se refleja en que el tiempo de acceso al trabajo y estudio mayor lo presenta Barcelona con 0,4 horas para ambas actividades, el mayor tiempo de acceso a compras lo presenta Granollers con 0,28 horas, el mayor tiempo de acceso a servicios personales lo presenta nuevamente el sistema de Barcelona con 0,37 horas, para acceder a actividades sociales el mayor tiempo es de Sant Celoni con 0,31 horas, y para las actividades de ocio-recreación son los sistemas de Sant Celoni y Vilafranca del Penedès los que presentan mayores valores (0,5 horas).

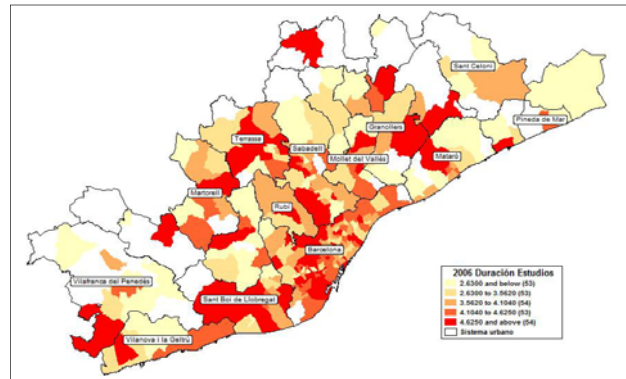
En la figura IV.50 se presentan las distribuciones espaciales de las duraciones de las distintas actividades analizadas.

**Figura IV.50.- Duración de las actividades en día laboral, RMB 2006**

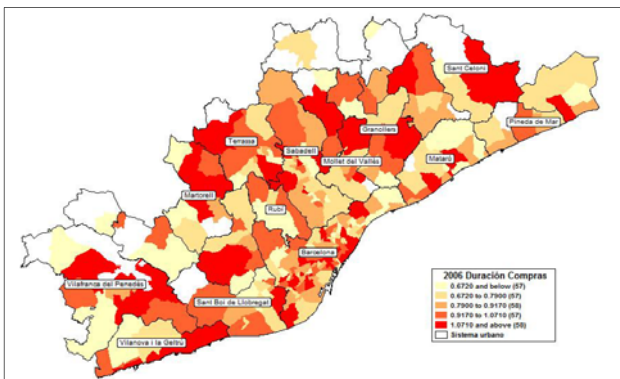
a.- Trabajo



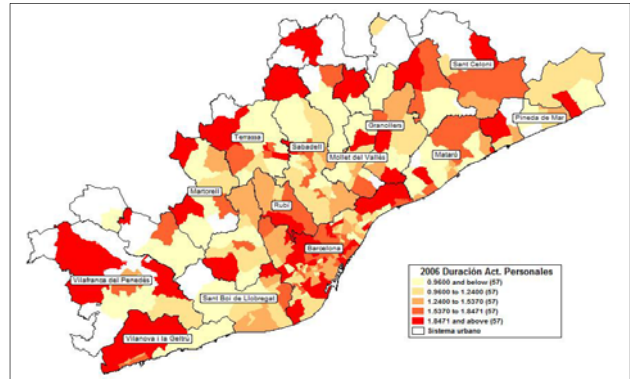
b.- Estudio



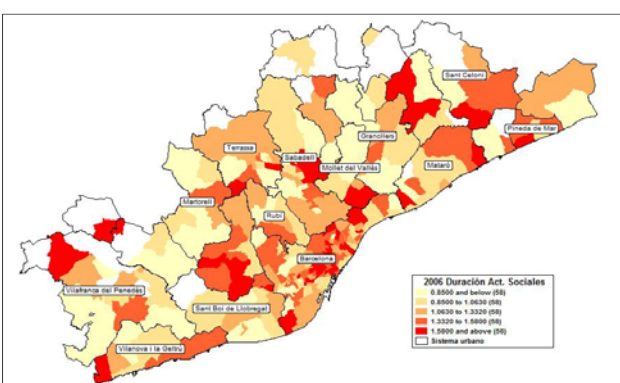
c.- Compras



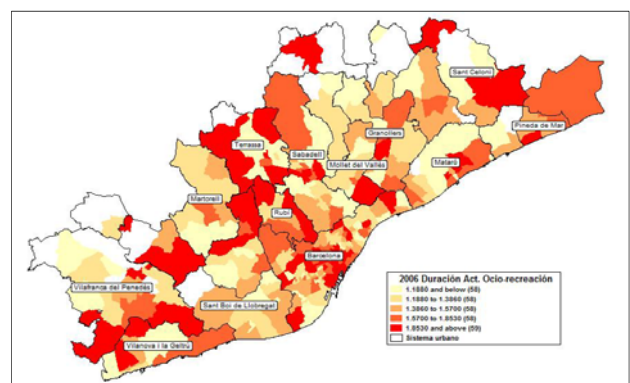
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

De las graficas no se aprecian patrones espaciales claros en las duraciones de las actividades.

A nivel de sistemas urbanos, los mayores valores de duración del trabajo se da en Martorell (6,63 horas), la mayor duración de estudio se da en Barcelona con 3,98 horas, para compras la mayor duración se dan en Mollet y Sant Celoni ambos con 1,06 horas. La mayor duración de actividades personales se da en Vilafranca del Penedès con 2,38 horas, y para las actividades sociales, la mayor duración se da en Barcelona y Terrassa, ambos con 1,38 horas. Finalmente las actividades de ocio de mayor duración se dan en Sant Celoni con 1,86 horas.

Los menores valores los presentan Martorell para las actividades personales (1,26 horas), actividades sociales (0,76 horas), y actividades de ocio-recreación (1,31 horas). También Mataró en trabajo (5,41 horas), Terrassa en compras (0,85 horas), y Vilafranca del Penedès en estudio (2,63 horas).

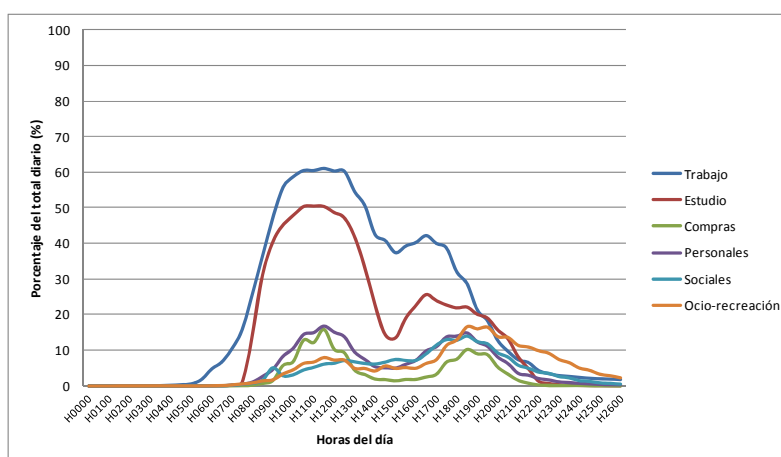
#### 4.3.2.3 Características de intensidad y diversidad social de las actividades

Lo que se reporta en este apartado es el cómo se comportan de forma agregada las personas, conformando la intensidad de carga o de desarrollo de las actividades. Los indicadores que se presentarán serán en este caso:

- Intensidad de la actividad: que corresponde al comportamiento del número de personas que desarrolla la actividad en cada instante, referida al total de personas que llegan en el día a desarrollar la actividad.
- Diversidad social de la actividad: que corresponde al valor del indicador de diversidad estándar, aplicado a los grupos sociales analizados, para cada instante de tiempo, y para el total día.
- Indicadores de intensidad espacial: que corresponden a la densidad de personas en el territorio (valor de densidad de personas totales que llegan a los territorios, y el promedio de la densidad instantánea de personas en el territorio entre 9:00 y 21:00hrs), y la densidad de horas en que se ocupa el territorio (horas/ha) en las distintas actividades.

A continuación se muestran las distintas graficas de intensidad de las actividades obtenidas para la RMB, el año 2006.

**Figura IV.51.-** Intensidad de las actividades en día laboral, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

En la figura IV.51 se aprecia que del total de personas que llegan a trabajar el día laboral, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs, con un 61%



de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 16:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 42%.

Del total de personas que llegan a estudiar el día laboral, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:00 hrs, con un 50,4% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 16:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 25,6%.

Del total de personas que llegan a compras el día laboral, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs, con un 15,7% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 18:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 10,1%.

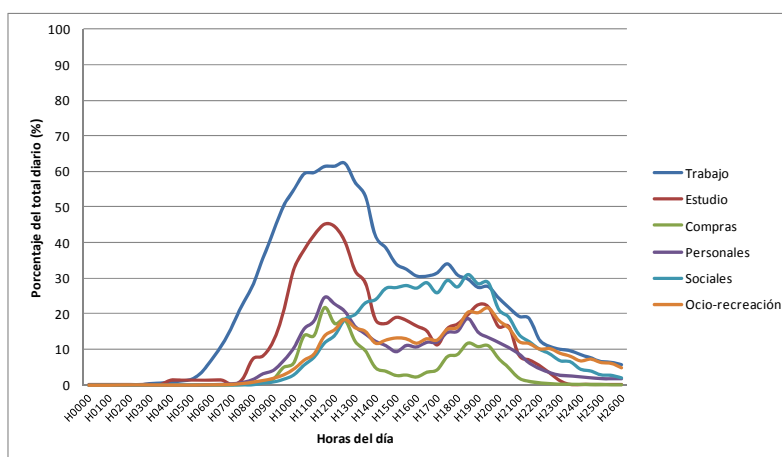
Del total de personas que llegan a actividades personales el día laboral, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs, con un 16,6% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 18:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 14,7%.

Del total de personas que llegan a actividades sociales el día laboral, el año 2001, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 18:30 hrs, con un 13,8% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 12:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 7%.

Del total de personas que llegan a actividades de ocio y recreación el día laboral, el año 2001, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 18:30 hrs, con un 16,4% de dicha cantidad. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 11:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 7,9%.

En resumen, las actividades presentan distinto patrón de intensidades en el día laboral, siendo el trabajo y estudios los de mayor intensidad en día laboral (entre 50% y 60%), con picos alrededor de las 11:30 hrs. Las actividades de compras y personales presentan intensidades bajas (15%), con picos también alrededor de las 11:30 hrs. Finalmente las actividades sociales y de ocio-recreación son actividades de baja intensidad en día laboral (17%), con picos entorno a las 19:30 hrs. Lo anterior indica un paralelismo en las actividades de trabajo, estudio, compras y personales, que por la tarde dan paso a las actividades sociales y de ocio-recreación, siendo la hora de transición alrededor de las 15:00 hrs.

**Figura IV.52.-** Intensidad de la actividad trabajo en día no laboral, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

Analizando el día no laboral (figura IV.52) se aprecia que de las personas que llegan a trabajar, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 12:30 hrs con un 61%. Se aprecia un segundo pico muy suave alrededor de las 17:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 32%.

De las personas que llegan a estudiar, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs con un 44,9%. Se aprecia un segundo pico alrededor de las 19:00 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 22,4%.

De las personas que llegan a comprar, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs con un 21,8%. Se aprecia un segundo pico muy suave alrededor de las 18:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 11,8%.

De las personas que llegan a actividades personales, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 11:30 hrs con un 24,6%. Se aprecia un segundo pico muy suave alrededor de las 18:30 hrs, cuya intensidad alcanza cerca del 18,7%.

De las personas que llegan a actividades sociales, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 18:30 hrs con un 31,1%.

De las personas que llegan a actividades de ocio-recreación, la máxima intensidad se alcanza alrededor de las 19:30 hrs con un 21,6%, y un segundo pico a las 12:30 hrs de 18,4%.

En resumen, en día no laboral se aprecia un patrón similar al día laboral, pero aumentan significativamente las intensidades de las actividades diferentes de trabajo y estudio. Los comportamientos de los picos máximos se mantienen similares al día laboral. Se confirma lo particular del comportamiento del trabajo, que repite el patrón de día laboral.

***En síntesis***, se puede decir que las actividades presentan estructuras similares de intensidad en día laboral que en día no laboral. Los valores de alta intensidad representan que muchas personas desarrollan dicha actividad en las mismas horas del día, lo que se aprecia en las actividades condicionadas de trabajo y estudio, y también en menor medida de compras y actividades personales.

*Las actividades de baja intensidad muestran que son actividades poco condicionadas a los horarios, y que se desarrollan a lo largo del día, es el caso de actividades sociales y de ocio-recreación en día laboral, aunque en el día no laboral se concentran en horarios de la tarde, por lo que aumenta su intensidad.*

La caracterización socio-educativa de las personas que llegan a desarrollar las distintas actividades, se presentan en la tabla IV.45, donde se muestran los totales de personas por grupo que llegan, en día laboral y no laboral. Además se incluyen los porcentajes que estos representan, y el cálculo de diversidad social (estandarizada).

**Tabla IV.45.-** Caracterización socio-educativa de la población que llega a desarrollar las distintas actividades en la RMB, 2006

Día	Grupo Socio-educativo	Trabajo		Estudio		Compras		Personales		Sociales		Ocio-recreación	
		Personas	%	Personas	%	Personas	%	Personas	%	Personas	%	Personas	%
Laboral	Bajo	700.728	27,7	215.389	37,6	568.249	51,6	296.194	43,6	525.424	44,6	575.963	48,2
	Medio	997.250	39,5	286.266	50,0	324.371	29,4	228.867	33,7	408.281	34,7	384.238	32,2
	Alto	827.178	32,8	70.629	12,3	208.921	19,0	154.773	22,8	244.497	20,8	233.857	19,6
	Total	2.525.156	100	572.284	100	1.101.541	100	679.834	100	1.178.202	100	1.194.058	100
	<b>Diversidad social</b>	<b>0,991</b>		<b>0,885</b>		<b>0,926</b>		<b>0,970</b>		<b>0,959</b>		<b>0,943</b>	
No laboral	Bajo	154.010	42,0	11.757	23,8	383.981	42,4	84.809	38,6	374.514	40,5	799.455	38,6
	Medio	151.307	41,3	25.126	50,9	305.831	33,8	77.807	35,4	348.617	37,7	770.958	37,3
	Alto	60.960	16,6	12.474	25,3	215.930	23,8	56.907	25,9	201.681	21,8	498.894	24,1
	Total	366.277	100	49.357	100	905.741	100	219.523	100	924.813	100	2.069.307	100
	<b>Diversidad social</b>	<b>0,936</b>		<b>0,940</b>		<b>0,976</b>		<b>0,988</b>		<b>0,970</b>		<b>0,981</b>	

Fuente: Elaboración propia

De los valores de la tabla se observa una alta diversidad social en las distintas actividades, siendo la diversidad de trabajo la mayor para el día laboral. En el día no laboral se aprecia una disminución de la diversidad social de las actividades de trabajo, y por el contrario un aumento de la diversidad social del resto de actividades, siendo las actividades personales la de mayor diversidad. Lo anterior, y los valores obtenidos son indicativos de una coexistencia horaria en el desarrollo de las actividades por parte de los distintos grupos sociales analizados.

#### 4.3.2.4 Intensidades territoriales de las actividades

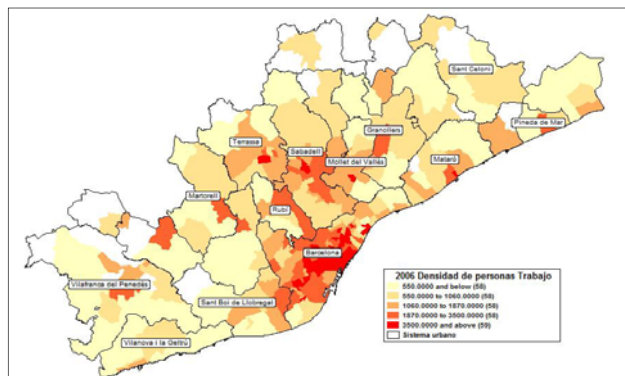
Como se mencionó al comienzo de este apartado, las intensidades espaciales o territoriales se refieren a 1) el promedio de las densidades instantáneas de personas que desarrollan las actividades entre las 9:00 y 21:00hrs, y 2) la densidad de la duración total de las actividades en el territorio (densidad de tiempo gastado en las actividades).

En la figura IV.53 se presentan las distribuciones espaciales de las densidades de personas, para las distintas actividades analizadas.

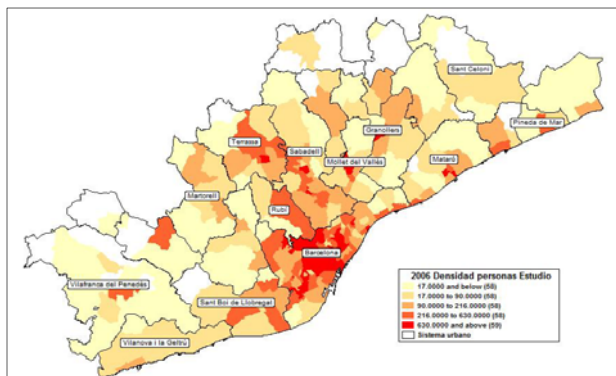


**Figura IV.53.-** Densidad media de personas (personas/ha) que desarrollan las actividades entre las 9:00 y 21:00hrs del día laboral, RMB 2006

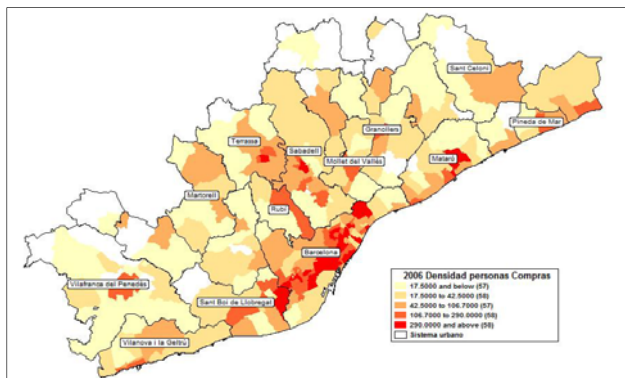
a.- Trabajo



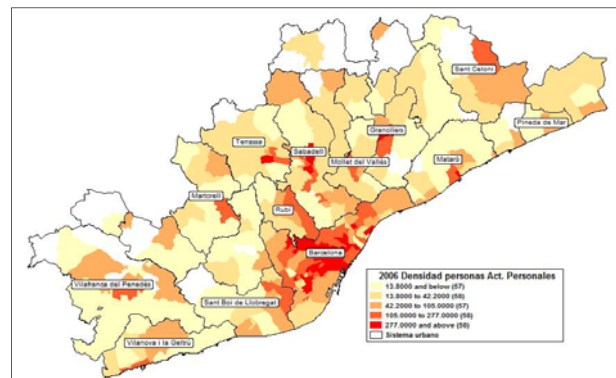
b.- Estudio



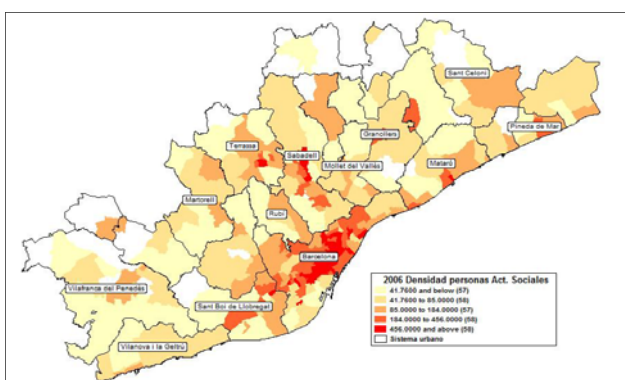
c.- Compras



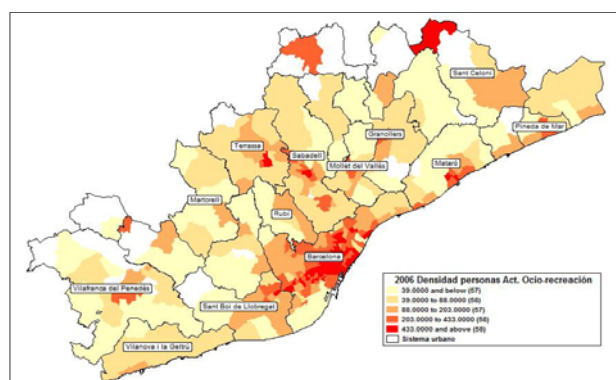
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

En las graficas se observan patrones centrales de distinta geometría, acompañados por valores altos en zonas periféricas, dependiendo de la actividad que se analice. Para analizar estas configuraciones espaciales, se toma como base los sistemas urbanos que estructuran la RMB. En la tabla IV.46 se presentan los sistemas urbanos que pertenecen a mayores valores para cada actividad.

**Tabla IV.46.-** Densidad media de personas por actividad y sistema urbano de la RMB, 2006

Sistema urbano	Densidad media de personas por actividad (Personas/ha)					
	Trabajo	Estudio	Compras	Personales	Sociales	Ocio-recreación
Barcelona	4879	971	359	415	515	539
Sabadell	1778	245	109	110	186	166
Terrassa	1537	286	107	120	169	172
Rubí	1199			62	82	
Granollers	1379	152	99	111	122	112
Mollet del Vallès	1384	163	63			86
Mataró	1274	319	118	91	171	168
Sant Boi de Llobregat		165	95	60	147	158

Fuente: elaboración propia

Primero que todo, los sistemas incluidos en los de mayor densidad media corresponde sólo a sistemas centrales y de contigüidad al conjunto central, por lo que los sistemas periféricos de la RMB no presentan altas densidades promedio.

En relación a la densidad de trabajo, el sistema de Barcelona estructura una agrupación de altos valores, que se conforman por todos los sistemas contiguos.

En estudios, se rompe la estructura anterior, generándose asociaciones (Barcelona, Sabadell, Terrassa) y sistemas periféricos con altos valores (Granollers, Mataró, Sant Boi, y Mollet).

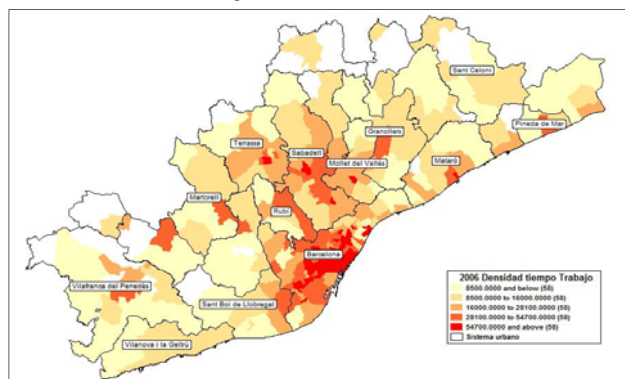
En compras, actividades de ocio-recreación ocurre lo mismo que en estudio, lo que muestra la lógica dispersa de estas actividades en el territorio, de manera de tener mejor cobertura.

En las actividades personales y sociales Barcelona estructura todo su entorno directo, con la única singularidad de Mollet, que no queda fuera de los valores más altos.

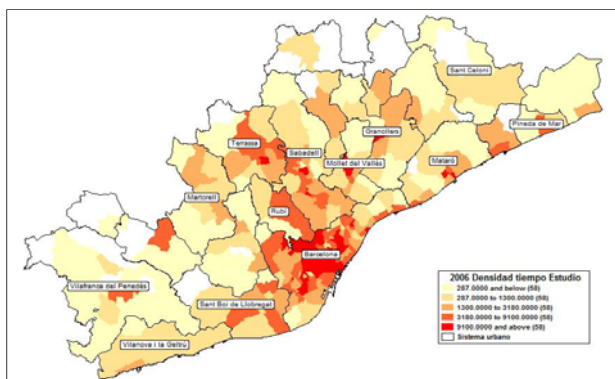
En la figura IV.54 se presentan las distribuciones espaciales de las densidades de tiempo, para las distintas actividades analizadas.

**Figura IV.54.-** Densidad de tiempo gastado en el desarrollo de las actividades (horas/ha), en día laboral, RMB 2006

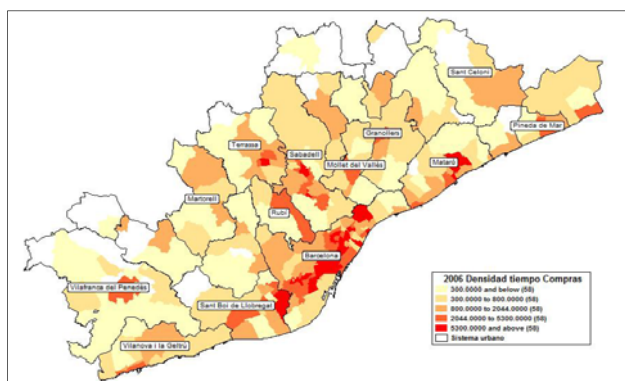
a.- Trabajo



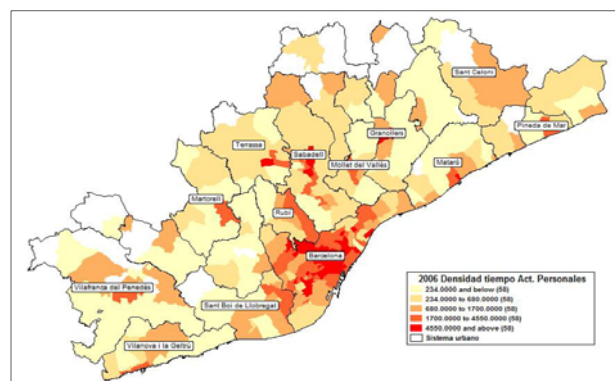
b.- Estudio



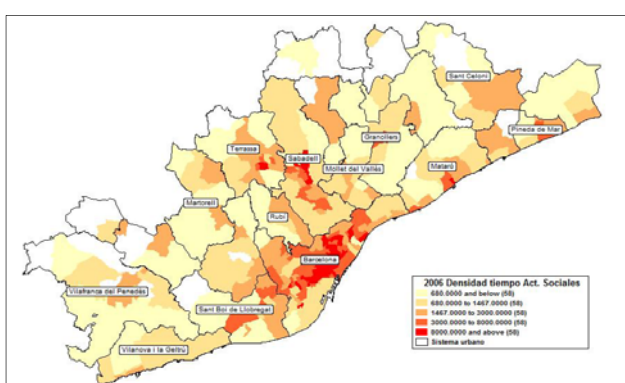
c.- Compras



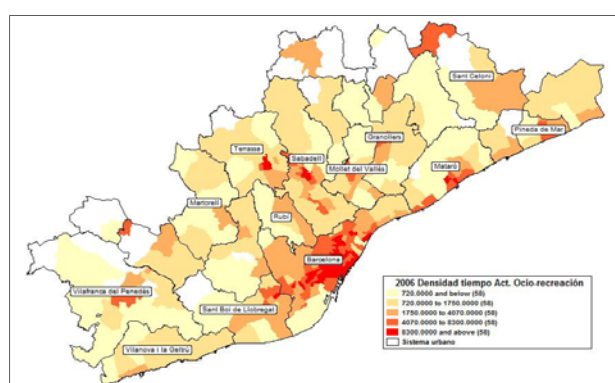
d.- Actividades personales



e.- Actividades sociales



f.- Actividades de Ocio-recreación



Fuente: elaboración propia

Al igual que en caso anterior, las graficas muestran patrones centrales de distinta geometría, acompañados por valores altos en zonas periféricas, dependiendo de la actividad que se analice. En la tabla IV.47 se presentan los sistemas urbanos que pertenecen a los mayores valores para cada actividad.

**Tabla IV.47.-** Densidad media de tiempo por actividad y sistema urbano de la RMB, 2006

Sistema urbano	Densidad media de tiempo por actividad (Horas/ha)					
	Trabajo	Estudio	Compras	Personales	Sociales	Ocio-recreación
Barcelona	71076	13889	6110	6558	8320	10962
Sabadell	27329	3497	2151	1716	3343	3566
Terrassa	22502	4140	1887	1980	2832	3323
Rubí				971		
Granollers	20962	2208	1509	1623	1813	
Mollet del Vallès	21233	2395	1091			
Mataró	19097	4710	1930	1518	2765	3520
Sant Boi de Llobregat	16863	2366	1656	982	2328	2869
Moià						3593
Pineda de Mar					1677	
Sant Sadurní d'Anoia						2815

Fuente: elaboración propia

En general los sistemas que muestran los mayores valores de densidad tiempo son muy similares que los de alto valor en densidad de personas.

En relación a la densidad de tiempo de trabajo, el sistema de Barcelona nuevamente estructura una agrupación de altos valores, que se conforman por los sistemas contiguos. Y nuevamente Rubí no responde a esta lógica.

En Estudios, ocurre lo mismo que con las densidades de personas, en el sentido que se rompe la estructura anterior, generándose asociaciones (Barcelona, Sabadell, Terrassa) y sistemas periféricos con altos valores (Granollers, Mataró, Sant Boi, y Vilanova).

Nuevamente en compras ocurre lo mismo que en estudio, lo que muestra la lógica dispersa de estas actividades en el territorio.

Las actividades personales se estructuran entorno del sistema de Barcelona, pero solo Mollet del Vallès rompe la continuidad.

Las actividades sociales de mayor densidad tiempo rompen la continuidad entorno a Barcelona, generando agrupaciones independientes, centrales y periféricas.

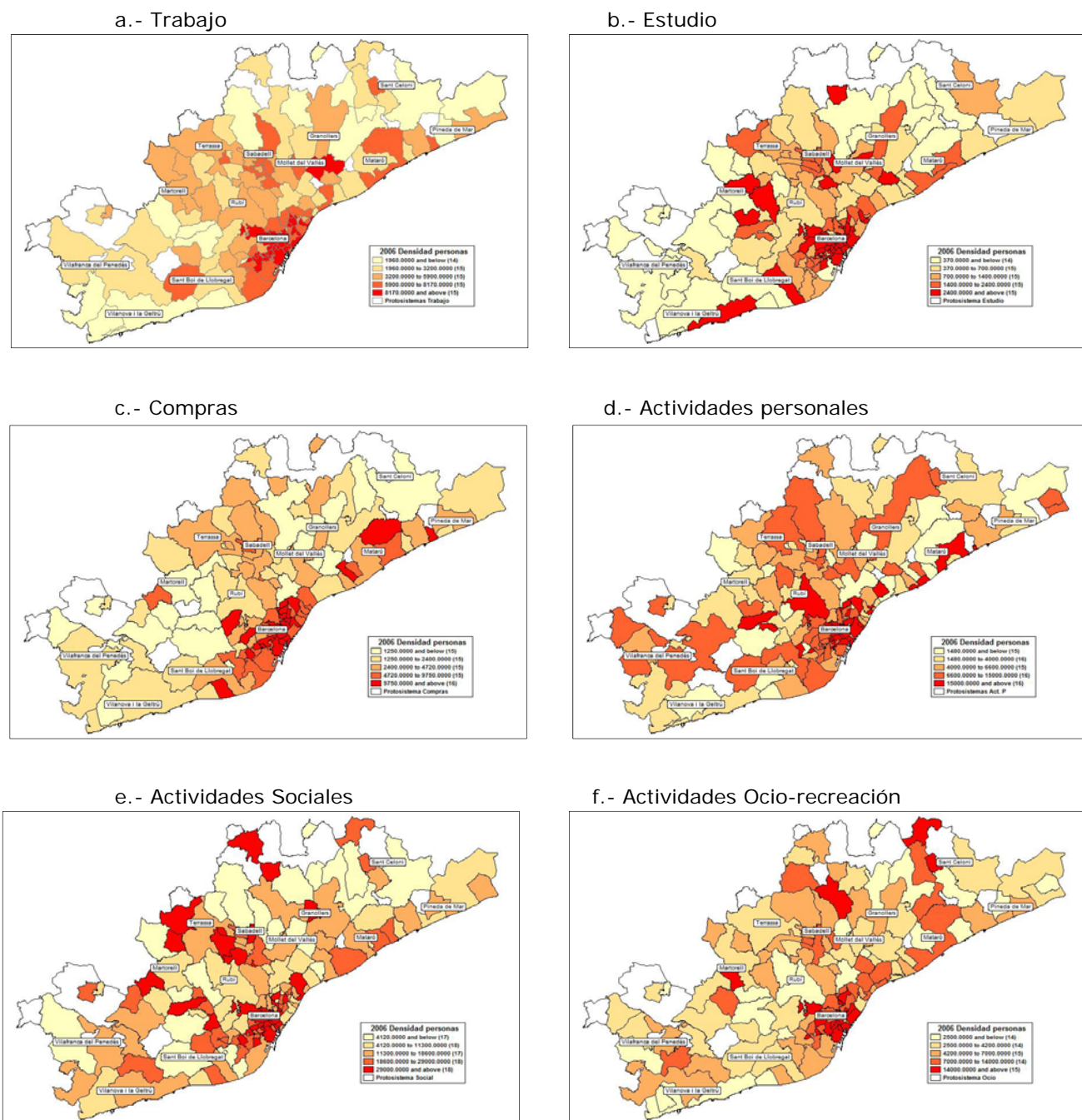
La densidad de tiempo en actividades de ocio, de modo más explícito que las actividades sociales, agrupa sistemas centrales como Barcelona-Terrassa-Sabadell, y periféricos como Mataró y Sant Boi. Y también surgen sistemas aislados como Moià y Sant Sadurní. Esta estructura es distinta que la que muestra la densidad de personas.

**En síntesis,** se puede decir que la intensidad de uso del territorio por parte de las distintas actividades presenta algunas diferencias entre la densidad de personas y la densidad tiempo. Se aprecia una configuración espacial central continua de la actividad de trabajo, una actividad de estudio central pero con mayor dispersión, y las actividades de compras, personales, y sociales ya no con una lógica contigua al sistema de Barcelona, sino más bien potenciada en sistemas periféricos. La actividad de ocio-recreación genera densidades diferentes según variable (personas o tiempo), y también según actividad, identificándose lógicas urbanas, de parques naturales, y de borde costero.

#### 4.3.2.5 Protosistemas funcionales de las actividades

Como se mencionó en el apartado metodológico del capítulo III, se determinaron los protosistemas funcionales considerando la matriz del total de viajes por actividad (no diferenciando por tipo de día), aplicando el procedimiento del valor de interacción (Roca, 2011). A continuación se presentan los protosistemas obtenidos por actividad, y la densidad media de cada uno de ellos.

**Figura IV.55.-** Densidad de persona por protosistema de actividades (personas/ha), RMB 2006



Fuente: elaboración propia



Los resultados de la figura IV.55 son coherentes con los presentado anteriormente, respecto de la densidad de personas por zona de transporte. Se reflejan las mismas zonas centrales de alta densidad. Lo que sí es relevante es la caracterización de los protosistemas obtenidos en cada caso.

Para las interacciones de acceso al trabajo, se detectaron 74 protosistemas, con un promedio de 4,2 zonas por protosistema. La densidad media es de 6.965 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 35%<sup>11</sup>, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 3,4 Km. Es decir, las áreas funcionales básicas del trabajo se componen por zonas disjuntas.

Para las interacciones de estudio se detectaron 74 protosistemas, con un promedio de 4,1 zonas por protosistema. La densidad media es de 1.674 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 34%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 5,27 Km.

Para las interacciones de compras se detectaron 76 protosistemas, con un promedio de 4,1 zonas por protosistema. La densidad media es de 5.523 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 68,8%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 3,1 Km.

Para las interacciones por actividades personales se detectaron 78 protosistemas, con un promedio de 4,4 zonas por protosistema. La densidad media es de 10.132 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 49,0%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 4,6 Km.

Para las interacciones por actividades sociales se detectaron 88 protosistemas, con un promedio de 3,9 zonas por protosistema. La densidad media es de 19.037 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 52,1%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 4,69 Km.

Finalmente, para las interacciones por actividades de ocio-recreación se detectaron 72 protosistemas, con un promedio de 3,8 zonas por protosistema. La densidad media es de 9.699 personas/ha, con un porcentaje de contigüidad de las zonas incluidas en cada protosistema de un 62,14%, lo que origina que la distancia media entre zonas del protosistema sea de 3,0 Km.

Los resultados obtenidos de la estructura espacial funcional son coherentes con los resultados anteriores, en el sentido de mostrar que la actividad más concentrada en el espacio son las compras, actividades sociales, y actividades de ocio-recreación, en las que las interacciones son entre zonas contiguas. Las actividades de trabajo y estudio presentan la mayor amplitud y discontinuidad espacial de funcionalidad, dado los modos de transporte predominantes. Llama la atención de los resultados obtenidos del actividades sociales respecto de lo significativamente alta de su densidad media, a pesar de ser zonas mayoritariamente contiguas, y en menor número.

---

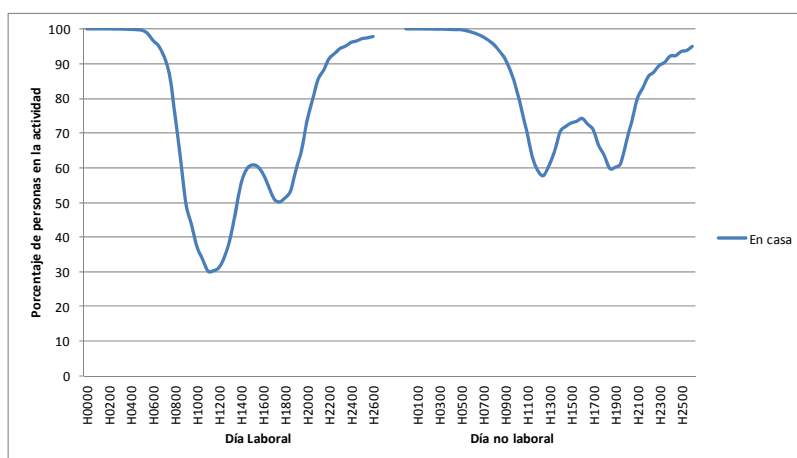
<sup>11</sup> Un 100% significa que todas las zonas del protosistema son contiguas, o mejor dicho, unidas espacialmente.

### 4.3.3 Caracterización del ritmo urbano; la funcionalidad urbana

A continuación se muestran las graficas de ritmo diario de Barcelona, para el año 2006. La presentación se realizará por actividad, y luego todas las actividades.

En la figura IV.56 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en casa, en cada instante del día, en relación al total de personas que están desarrollando alguna actividad en el área de estudio. A modo de ejemplo, a la 4:00 hrs el total de las personas que están en el área de estudio se encuentran en casa, pero a eso de las 12:00hrs sólo el 30% de las personas que se encuentran en el área de estudio están en casa.

**Figura IV.56.-** Ritmo diario de la actividad “en casa”, RMB 2006



Fuente: elaboración propia

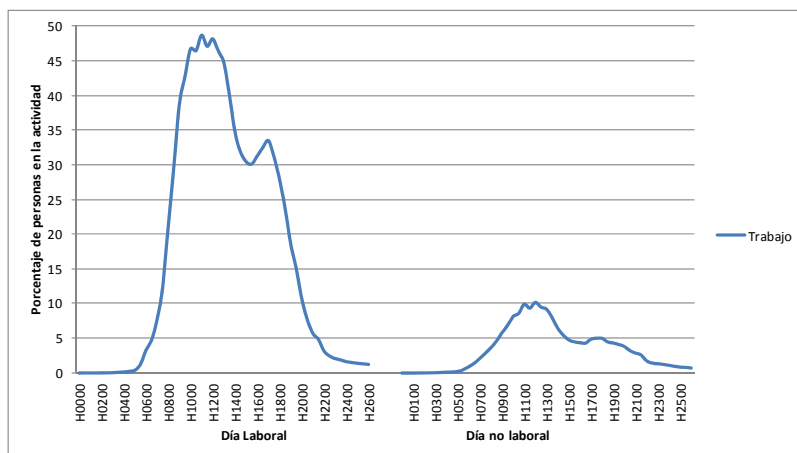
El comportamiento que muestra la figura anterior es el tradicional “vaciamiento” que experimenta el hogar a lo largo del día producto del desarrollo de actividades fuera del hogar. Así, el día laboral presentan un vaciamiento mucho mayor que el no laboral, siendo el porcentaje mínimo de esta actividad de 30%, a las 11:00 hrs. El segundo mínimo que experimenta el día laboral es a las 17:30, y alcanza un 50%.

El día no laboral presenta una mayor presencia de personas en casa a lo largo del día, siendo el mínimo de 58% a las 12:00hrs. El segundo mínimo que experimenta el día no laboral es a las 18:30, y alcanza un 58%.

En la figura IV.57 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en el trabajo. Es necesario aclarar que para las actividades fuera del hogar se modificará la escala gráfica, ya que no se supera en general el valor de 50%. El comportamiento que muestra la figura es la tradicional “carga” que experimenta cualquier actividad que se desarrollo fuera del hogar.

Para la actividad de trabajo, el día laboral presentan una participación mayor que el no laboral, siendo el porcentaje máximo de esta actividad de 49%, a las 11:00 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 17:00, y alcanza un 34%.

**Figura IV.57.-** Ritmo diario de la actividad trabajo, RMB 2006



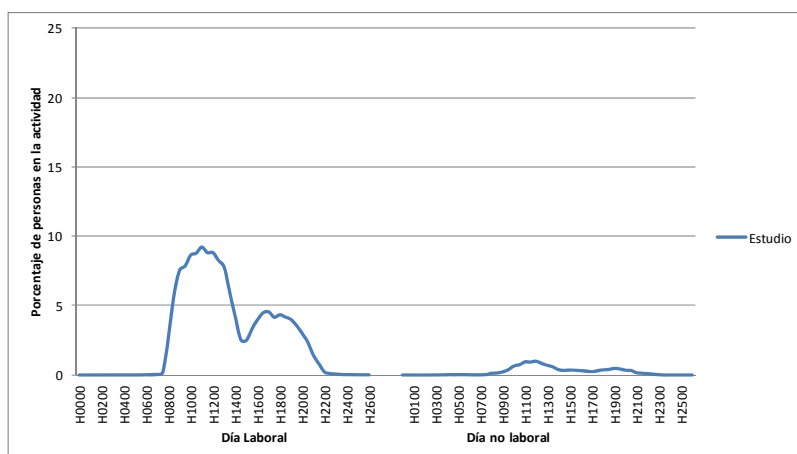
Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta una menor presencia de personas en el trabajo, siendo el máximo de 10%, a las 11:00hrs. El segundo máximo que experimenta el día no laboral es a las 17:30, y alcanza un 5%.

Para las restantes actividades nuevamente fue necesario modificar la escala gráfica de las figuras, ya que no se supera en general el valor de 25%.

En la figura IV.58 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades de estudio. El día laboral presentan una participación mayor que el no laboral, siendo el porcentaje máximo de esta actividad de 10%, a las 11:00 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 17:00, y alcanza un 5%.

**Figura IV.58.-** Ritmo diario de las actividades de estudio, RMB 2006



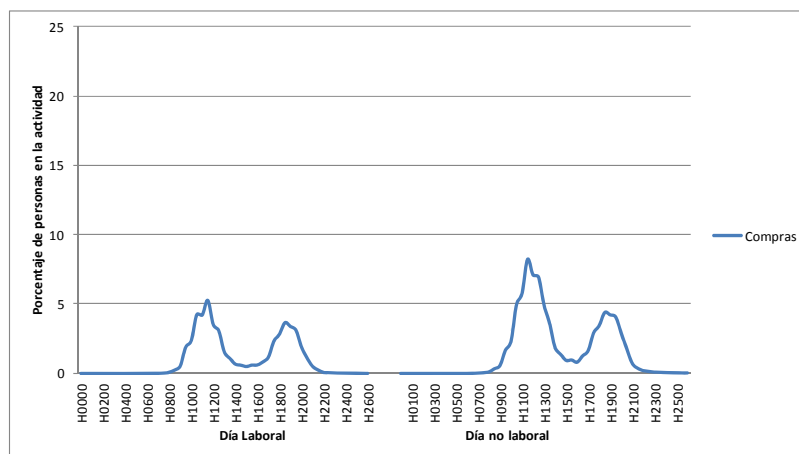
Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta una significativa menor presencia de personas en actividades de estudio, siendo el máximo de 1% a las 11:30hrs. En este caso el segundo máximo desaparece, por las magnitudes involucradas.



En la figura IV.59 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades de compras. El día laboral presentan una participación en general menor que el no laboral. El porcentaje máximo de esta actividad es de 5% a las 11:30 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 18:30, y es de 4%.

**Figura IV.59.-** Ritmo diario de las actividades de compras, RMB 2006

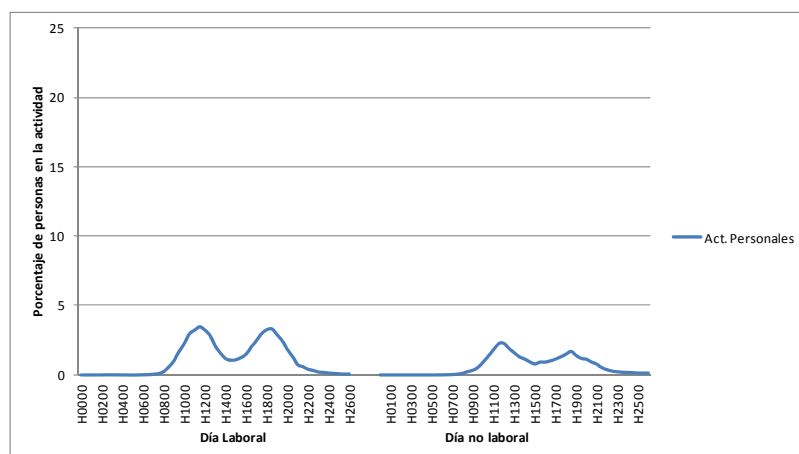


Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta el máximo de 8% a las 11:30hrs. El segundo máximo es a las 19:00, y alcanza un 4%.

En la figura IV.60 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades personales. El día laboral y no laboral presentan comportamientos similares. En el día laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 4% a las 11:30 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 18:00, y es de un 2%.

**Figura IV.60.-** Ritmo diario de las actividades personales, RMB 2006

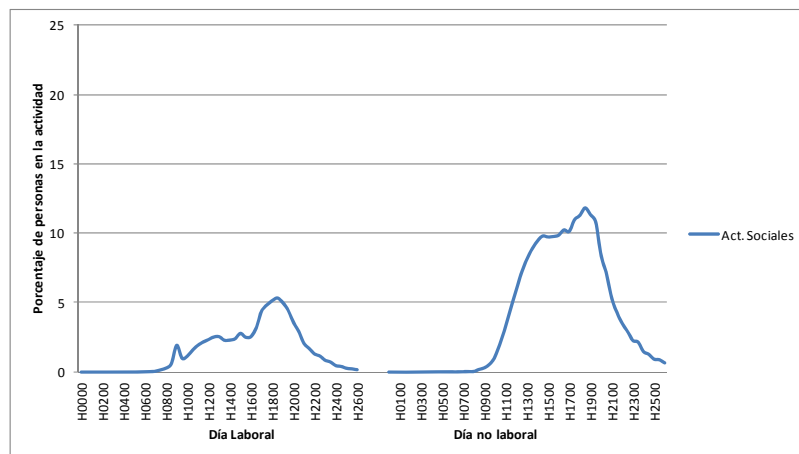


Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta el máximo de 4% a las 12:00hrs. El segundo máximo es a las 18:00, y alcanza un 2%.

En la figura IV.61 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades sociales. En general se aprecia en ambos días un comportamiento de un solo máximo significativo. En el día laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 5% a las 18:00 hrs.

**Figura IV.61.-** Ritmo diario de las actividades sociales, RMB 2006

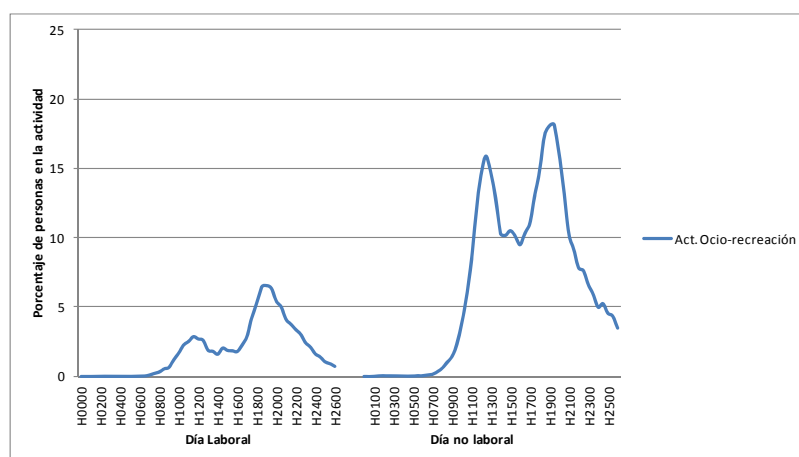


Fuente: elaboración propia

El día no laboral presenta mayores porcentajes que el laboral, siendo su máximo de 13% a las 18:30hrs.

En la figura IV.62 se muestra el comportamiento del porcentaje de personas que están en actividades de ocio y recreación. El día no laboral presentan una participación significativamente mayor que el día laboral. En el día laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 7% a las 19:00 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 11:30, y es de 3%.

**Figura IV.62.-** Ritmo diario de las actividades de ocio-recreación, RMB 2006



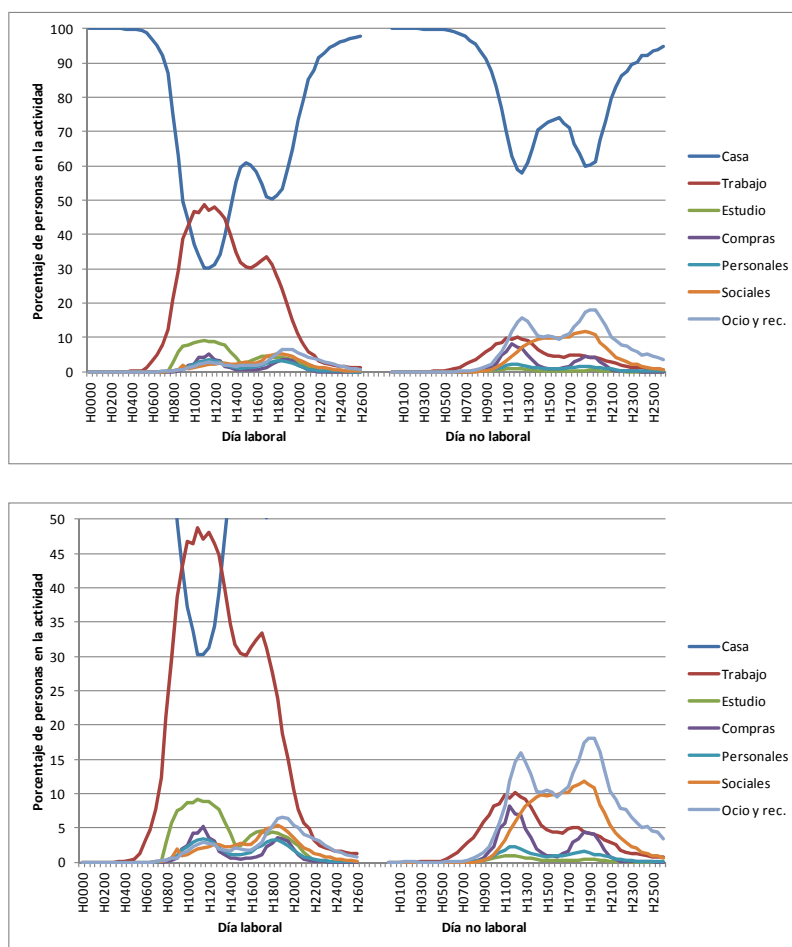
Fuente: elaboración propia

En el día no laboral, el porcentaje máximo de esta actividad es de 19% a las 18:30 hrs. El segundo máximo que experimenta el día laboral es a las 12:30, y es de 18%.

Analizando todas las actividades en su comportamiento temporal, se obtiene la figura IV.63 que muestra el ritmo diario de actividades en el área de estudio, para el año 2006. En la figura se incluyen dos gráficos, de los cuales el primero considera todas las actividades, mientras que el segundo sólo considera actividades fuera del hogar (por lo que cambia la escala de los porcentajes).

En la primera gráfica se aprecia la intensidad que presenta la permanencia en el hogar, tanto en día laboral como no laboral. Sólo es superada dicha intensidad por la actividad de trabajo, principalmente en la mañana del día laboral ya que por la tarde prima la estadía en casa. El día no laboral es más intensa la permanencia en casa, no superada por ninguna actividad.

**Figura IV.63.- Ritmo diario del RMB, 2006**



Fuente: elaboración propia

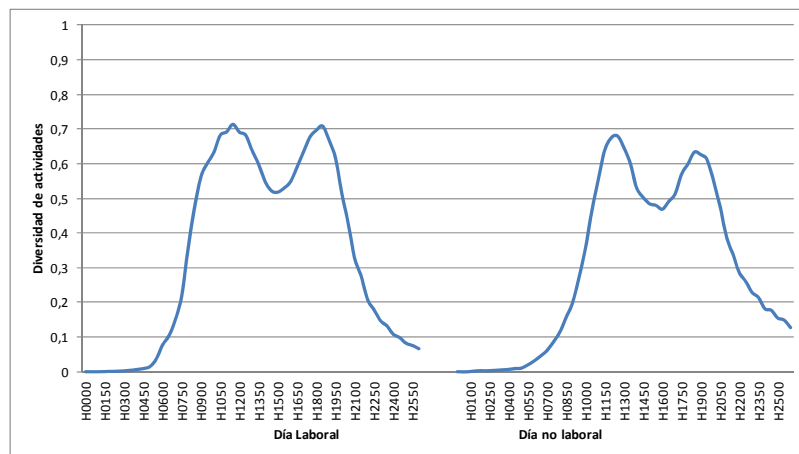
Analizando la gráfica de las actividades fuera del hogar, se aprecia que en el día laboral por la mañana, predomina claramente el trabajo seguido en muy menor magnitud por el estudio. El resto de actividades presentan porcentajes muy bajos. El día laboral por la tarde aumentan los porcentajes del resto de actividades, dado el declive del trabajo y del estudio.

En el día no laboral la actividad de trabajo pierde significativamente su predominancia, y ganan actividades de ocio y recreación, sociales, y en menor

medida las compras. Tanto el estudio como las actividades personales presentan una baja participación en este día.

La forma de cuantificar, en cierta medida, las estructuras presentadas en la gráfica anterior es a través del cálculo de la diversidad de actividades. En la figura IV.64 se muestra el comportamiento del índice de diversidad de actividades.

**Figura IV.64.-** Ritmo diario de la diversidad de actividades, RMB 2006



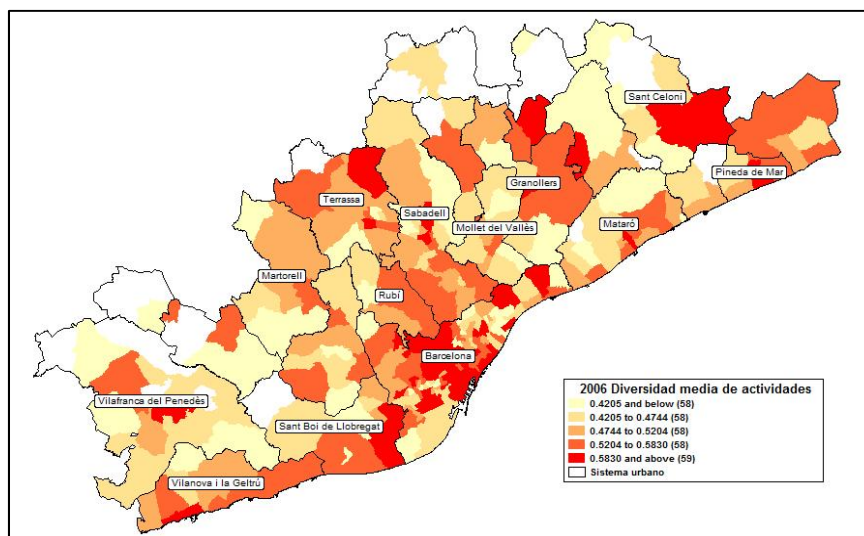
Fuente: elaboración propia

De la figura IV.64 se puede observar que el comportamiento de la diversidad de actividades se relaciona directamente a las intensidades y participaciones de todas las actividades fuera del hogar. Es así que presenta dos picos de alta diversidad, uno por la mañana y otro por la tarde, tanto en día laboral como no laboral. El máximo en día laboral es de 0,71 a las 11:30 hrs. El segundo máximo del día laboral es de 0,56 a las 17:30hrs. En el día no laboral, se observa que el máximo es de 0,68 a las 12:00 hrs. El segundo máximo es de 0,63 a las 18:30hrs.

Nuevamente llama la atención que el valor de las diversidad no varíe significativamente entre el día laboral y no laboral. La explicación es que siempre se mantienen en una diversidad relativamente media, por la alta participación de la estadía en casa en ambos días, y también las relativamente bajas participaciones de las actividades distintas de trabajo y estudio. Por lo que, aunque existan variaciones aparentes entre el día laboral y no laboral, estas no alcanzan a afectar el valor del indicador.

La distribución espacial de la diversidad de actividades se presenta en la figura IV.65, en donde se presenta para cada territorio, el valor promedio de la diversidad de actividad en el período entre las 9:00 y 21:00 hrs, del año 2006.

**Figura IV.65.-** Diversidad media de actividades, RMB 2006



Fuente: elaboración propia

En la figura se observa que los valores máximos registrados en las zonas son menores que los obtenidos para el área de estudio en su totalidad. Independientemente de lo anterior, los valores de diversidad de actividades son bajos para el año 2006. Los valores mayores se concentran en la zona central de Barcelona, y en puntos centrales de las localidades de los sistemas de Terrassa, Sabadell, Granollers, Mataró, Vilafranca, Sant Celoni, Vilanova i la Gertrú, y Sant Boi.

El análisis de coexistencia espacial entre grupos socio-educativos no modificó los patrones obtenidos para el año 2001, por lo que no se vuelve a presentar.

**En síntesis,** el ritmo de actividades en el área de estudio se caracteriza por:

- El día laboral se presenta por la mañana con un predominio de la actividad de trabajo, seguida por la permanencia en casa, y en menor grado estudio. Las actividades de compras, personales, sociales y de ocio, presentan una participación muy baja la que se va incrementando hacia la tarde, cuando el trabajo disminuye participación. En todo caso, por la tarde la actividad predominante es la permanencia en casa.
- En el día no laboral predomina la estancia en casa, disminuye significativamente la participación de trabajo, siendo superado este último por las actividades de ocio y recreación, sociales, y compras.
- Los comportamientos mencionados originan valores relativamente medios de diversidad de actividades a lo largo del día. La magnitud de dicha diversidad es similar tanto el día laboral como el no laboral, y además presentan el mismo comportamiento respecto de los picos de valores altos.
- La distribución espacial de la diversidad de actividades en el área de estudio muestra que los valores mayores se concentran en la zona central de Barcelona, y en puntos centrales de las localidades de Terrassa, Sabadell, Badalona, Mollet, Granollers, Mataró, Vilafranca, y Vilanova i la Gertrú.

- *Respecto de la coexistencia espacial social, en el día laboral es la actividad de trabajo la que más concentra en el espacio a los diversos grupos sociales. La estadía en casa también presenta coexistencias relativamente medias. Pero estas coincidencias espaciales no se reflejan en el desarrollo de las restantes actividades.*

#### IV.4 El efecto del comportamiento de la población, la funcionalidad de las actividades, y los ritmos urbanos en la estructura locativa de las actividades urbanas

Como se planteo en la metodología, para medir el efecto de los distintos factores que impone el comportamiento de los usuarios a los distintos territorios, en la explicación de la estructura locativa de la superficie construida por actividad, se utilizaron modelos econométricos para explicar la configuración espacial de las densidades de suelo construido por actividad, para los años 2001, 2006.

Es necesario recordar que la información utilizada para caracterizar la estructura locacional de las actividades corresponde a la densidad neta de superficie construida (superficie construida por hectárea de suelo artificializado), obtenida de la base de datos de catastro. Dado que las categorías de actividades analizadas provienen de las categorías de propósitos de viajes de las distintas encuestas de movilidad cotidiana, fue necesario hacer una asignación de que actividades se desarrollan en que usos de suelo, cuyas categorías provienen de la base de catastro según el UCM. En la tabla IV.48 se muestra la correspondencia entre actividad y usos de suelo.

**Tabla IV.48.-** Correspondencia entre actividades (propósitos EMQ), y usos de suelo (Categorías UCM de catastro)

Propósito del viaje		Uso de suelo y código UCM	Residencias - U01	Industria - U02	Culturales - U091,U092	Comercios - U04	Oficinas - U03 Sanidad y beneficencia - U08 Religiosos - U093 Administración - U102	Espectáculo - U06 Ocio y hostelería - U07 Deportes - U05 Históricos-artísticos - U101 Jardines - U103
EMQ 2001	EMQ 2006	Actividad \ Uso	Residencias	Industrias	Educación	Comercios	Servicios	Ocio y recreación
Casa/Domicilio	Retornar a casa,domicilio	Estadía en casa						
Trabajo	El trabajo	Trabajo						
Gestiones de trabajo	Gestiones de trabajo							
Estudios	La escuela, universidad	Estudios						
	Actividades de formación complementaria o no reglada							
Compras	Compras cotidianas	Compras						
	Compras ocasionales o no cotidianas							
Medico/hospital	Médico,Ambulatorio,pruebas diagnósticas, recuperación	Personales						
Gestiones personales	Gestiones personales							
Visitar amigos/familiar	Visita a familia o amigos	Sociales						
Acompañar a personas	Acompañar a otras personas							
Ocio,diversión,etc.	Comida no de ocio (comer, cenar,...)	Ocio y recreación						
Comer/Cenar	Práctica de actividades deportivas							
	Actividades culturales (museos, conferencias, cine, teatro...)							
	Otras actividades de ocio (restauración, actividades lúdicas...)							
	Paseos							

Fuente: elaboración propia

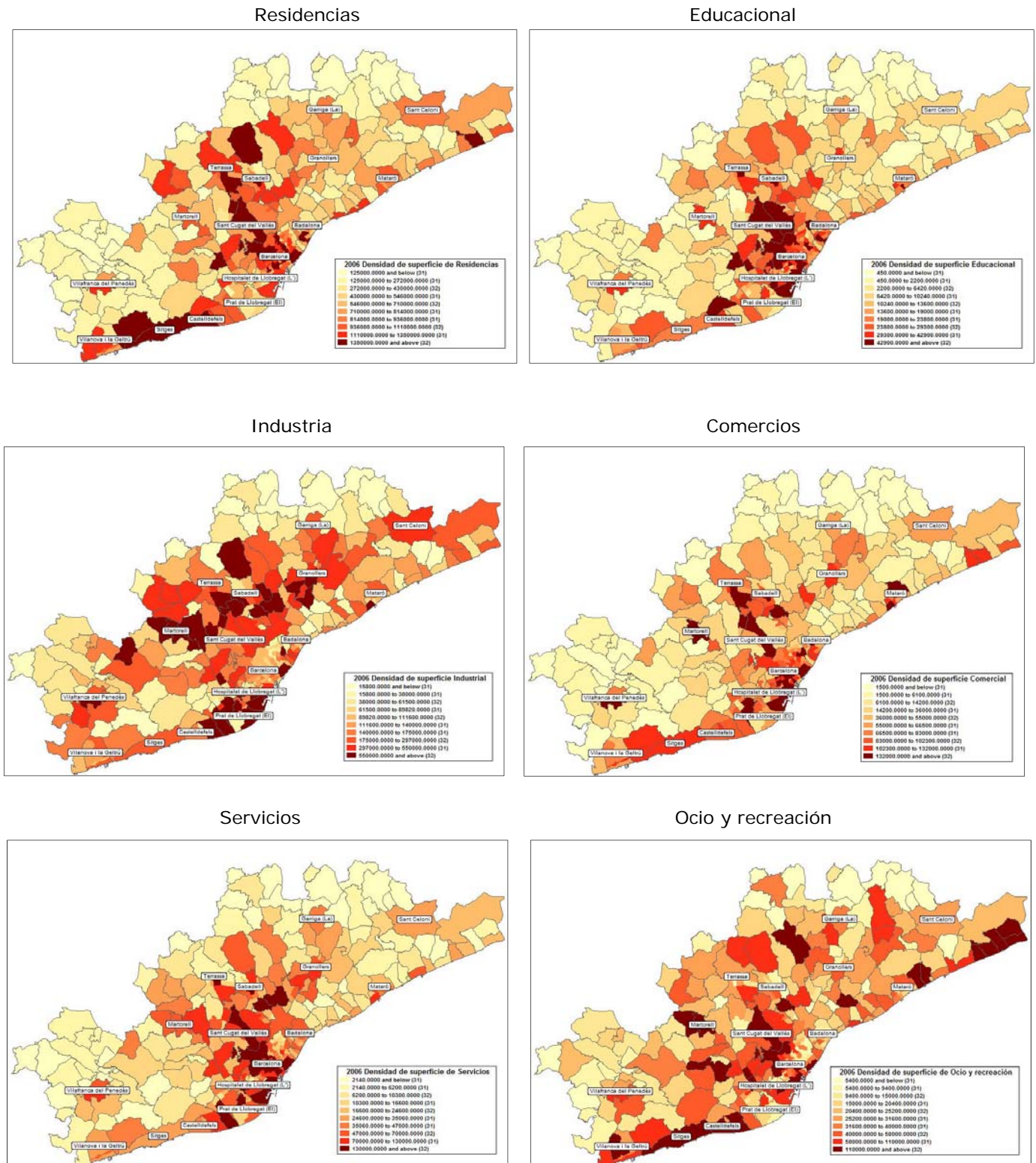
Como se puede apreciar, finalmente fueron seis las categorías de usos de suelo a ser analizadas y explicadas por los distintos modelos. Estas categorías son:

- Residencias: en dónde se desarrollan las actividades de estadía en casa, y actividades sociales.
- Industria: en dónde se desarrolla la actividad de trabajo.
- Educación: en dónde se desarrollan las actividades de estudio, y de trabajo.
- Comercios: en dónde se desarrollan las actividades de compras, y de trabajo.
- Servicios: en dónde se desarrollan las actividades personales, y de trabajo.
- Ocio y recreación: en dónde se desarrollan las actividades de ocio y recreación, y de trabajo.

En la figura IV.66 se muestran la distribución espacial de las densidades netas del año 2006, la que fueron presentadas en el primer apartado de este capítulo, y que en definitiva corresponde a las variables a ser explicadas por los modelos econométricos del año 2006.



**Figura IV.66.-** Distribución de la densidad neta de superficie construida por actividad (m2 construidos/ha), RMB 2006



Fuente: elaboración propia

Como ya se mencionó en el primer apartado de este capítulo, las categorías de usos de suelo analizadas presentan estructuras espaciales distintas, dependiendo



de lógicas propias. Es así que la densidad residencial presenta un patrón de difusión desde Barcelona hacia el Vallès, y hacia Sitges. La densidad industrial conforma corredores industriales uno en el Vallès y otro en Barcelona-El Prat. La densidad de educación es periférica a Barcelona, pero acotada al entorno de municipios contiguos. Los servicios si encuentran en Barcelona una alta densidad, que se mantienen hasta los municipios contiguos. Finalmente el ocio y recreación presenta una estructura de altos valores dispersos en toda la RMB.

#### 4.4.1.- Resultados de la calibración de modelos econométricos

Si bien en la metodología se han presentado las estructuras de variables consideradas en cada modelo, es necesario recordarlas para entender de mejor forma los resultados obtenidos.

Los distintos grupos de variables explicativas consideradas fueron:

- Variables de usos de suelo: se consideraron las densidades de los otros usos, de manera de captar relaciones de economías de aglomeración, si es que fuesen significativas.
- Variables de las cadenas de viaje: se consideraron los valores medios de tiempo total de viaje en la cadena, duración total de las actividades fuera del hogar, las distancias totales recorridas, y alejamiento.
- Variables funcionales individuales de acceso y duración: se consideraron los valores medios de cada zona en relación a los tiempos de acceso, la duración de las actividades, y las probabilidades funcionales parciales y conjuntas.
- Variables funcionales agregadas de intensidad: se consideraron las variables del valor medio de la densidad de personas (promedio de la densidad de personas entre las 9:00 y 21:00hrs), y la densidad tiempo (que corresponde a la suma del tiempo utilizado en el desarrollo de una actividad en un territorio, en un día, dividido por la superficie artificializada).
- Variables de ritmo urbano: se consideró la media de la diversidad de actividades, entre las 9:00 y 21:00hrs.
- Componente espacial de la variable a explicar: cuando correspondía hacerlo, se calibró el modelo con dependencia espacial de la variable a explicar.

Todas las variables de cadenas de actividades, funcionales, y de ritmos se consideraron diferenciando el día laboral del no laboral.

Se calibró un modelo para cada año (2001, 2006). La lógica de cada uso modelado requiere una estructura de modelamiento específica, que se refiere a las variables a ser considerada en cada situación. A continuación se muestra la tabla IV.49 con la estructura calibrada en cada modelo.

**Tabla IV.49.-** Estructura de los modelos econométricos calibrados

Variables explicativas		Modelo de densidad					
		Residencias	Industrias	Educación	Comercios	Servicios	Ocio y recreación
Densidad de usos de suelo							
Cadenas de actividades	Lab. / no lab.						
Ritmo urbano	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de la estadia en casa	Lab. / no lab.						
Funcionalidad del trabajo	Lab. / no lab.						
Funcionalidad del estudio	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de compras	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de actividades personales	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de actividades sociales	Lab. / no lab.						
Funcionalidad de actividadesde ocio y rec	Lab. / no lab.						
Estructura espacial							

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, como los objetivos de la tesis son detectar la relación entre el comportamiento de los usuarios en la localización de actividades, se calibró un modelo distinto para los tiempos y duraciones, las probabilidades funcionales parciales, y la probabilidad funcional conjunta. Lo anterior se hizo para evaluar el efecto de una u otra medida de la misma dimensión de accesibilidad, es decir, la comparación entre los tiempos puros, y los tiempos ecualizados por las probabilidades funcionales (parciales y conjunta).

También se calibraron modelos diferentes para la densidad de personas, y otro para la densidad tiempos, nuevamente con el fin de evaluar el efecto de cada una de estas medidas.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada uso de suelo.

#### 4.4.1.1 Modelo de densidad de superficie construida residencial

A continuación se presentan los resultados finales del modelo de densidad de superficie **residencial**. Durante el proceso de calibración se detectaron algunas situaciones de relaciones de variables, muchas de las cuales no se reflejaron en los modelos finales, pero que para entendimiento del fenómeno, son interesantes de rescatar. Estas relaciones surgen de la aplicación de un procedimiento de análisis factorial (componentes principales con rotación varimax), cuyo resultado son factores que sintetizan a las variables originales, lo que permite evaluar relaciones o asociaciones entre las variables explicativas, con el fin de evitar a priori problemas de multicolinealidad entre las variables explicativas. Es así que:

- En el comportamiento de las cadenas, tanto en día laboral como no laboral, se conforman estadísticamente tres factores sintéticos e independientes. A continuación se presenta la tabla de componentes principales obtenidos.

**Tabla IV.50.-** Factores principales de las variables funcionales de las cadenas de actividades

		2001			2006		
Variable de Cadenas de actividades		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Número de etapas	Laboral	,075	,081	<b>,846</b>	,471	-,178	,505
	No laboral	,255	-,045	<b>,813</b>	,039	,006	<b>,747</b>
Tiempo de viaje	Laboral	<b>,698</b>	,080	,242	,020	<b>,739</b>	-,019
	No laboral	<b>,760</b>	-,057	,223	-,146	<b>,746</b>	,158
Duración	Laboral	<b>,723</b>	,172	-,221	,192	-,157	<b>-,673</b>
	No laboral	<b>,702</b>	,013	,235	,375	<b>,627</b>	-,044
Distancia	Laboral	-,004	<b>,904</b>	,027	<b>,916</b>	,002	-,024
	No laboral	,124	<b>,860</b>	,014	<b>,893</b>	,129	-,080

Fuente: elaboración propia

En la tabla IV.50 se presentan las variables funcionales de las cadenas de actividades consideradas en el modelo de residencias. En la tabla se muestra en color gris, la mayor participación de cada variable en cada factor, esto significa que las variables incluidas en cada factor presentan una alta asociación entre sí (correlación lineal), por lo que la incorporación de las variables presentes en un mismo factor, es una redundancia de información, pero lo más complejo desde el punto de vista de econometría, es que se presentan multicolinealidad entre las variables explicativas, lo que significa que tanto el valor de los coeficientes, como las pruebas de significancia y ajuste que se le hacen al modelo, son erradas.

Dicho lo anterior, para el año 2001 sólo se consideró una variable de número de etapas (ya que el número de etapas del día laboral y no laboral presentan una alta correlación entre ellas). Lo mismo ocurre con las variables de tiempo de viaje, duración, y distancia. Para el modelo del año 2006, se diferencia en día laboral y no laboral las variables de número de etapas y duración (pues no pertenecen al mismo factor), mientras que se consideró sólo una variable de tiempo de viaje y de distancia.

- En la funcionalidad del retorno a casa pasa algo parecido (tabla IV.51), en el sentido que son las dimensiones de tiempo de acceso, duración de la actividad, y la distancia recorrida, se sintetizan en tres factores independientes, para ambos años. Por lo anterior, al modelo se ingresó sólo un día por variable (en general se ingresa el día laboral).

**Tabla IV.51.-** Factores principales de las variables funcionales de la estadía en casa

		2001			2006		
Variables funcionales del retorno a casa		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Tiempo de retorno	Laboral	<b>,891</b>	-,138	,242	<b>-,792</b>	,061	0,080
	No laboral	<b>,903</b>	-,024	,223	<b>,816</b>	-,098	-0,057
Duración estadía	Laboral	-,139	<b>,822</b>	-,221	,055	<b>,834</b>	0,172
	No laboral	-,012	<b>,845</b>	,235	,229	<b>-,697</b>	0,013
Distancia de retorno	Laboral	,075	,081	<b>,846</b>	,192	-,004	<b>,904</b>
	No laboral	,255	-,045	<b>,813</b>	,375	,124	<b>,860</b>

Fuente: elaboración propia

En la tabla IV.52 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para los años 2001 y 2006.

**Tabla IV.52.-** Resultados calibración de los modelos para la densidad de superficie residencial, 2001 y 2006

Variables explicativas		Modelo 2001			Modelo 2006		
		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
	Constante	75183		2,130	95147		3,052
Usos de suelo	Densidad agregada (edu.+com.+serv.+ocio.)	0,970	<b>0,717</b>	7,603	1,001	<b>0,549</b>	7,609
Cadenas de actividades							
Ritmo urbano							
Funcionalidad de la estadia en casa	Distancia de retorno a casa	-2091,6	-0,118	-2,668	-0,878	-0,332	-1,773
Funcionalidad de actividades sociales							
Estructura espacial		0,687		16,160	0,660		14,494
	R2 adj. Final    R2 adj. Sin est. Esp.	<b>0,77</b>		0,582	<b>0,76</b>		0,588
	Log likelihood	<b>-4364</b>			<b>-4083</b>		
	Error típico de la estimación	259973			284664		

Fuente: elaboración propia

Antes de analizar los resultados presentados en la tabla, es necesario explicar la información que esta contiene. En la primera columna se indican las familias de las variables consideradas, que en este caso fueron usos de suelo complementarios, variables de funcionalidad de las cadenas de actividades (representando las características de las salidas de cada zona), variables del ritmo urbano, variables de la funcionalidad del retorno a casa, variables de la funcionalidad de actividades sociales (que representan las condiciones para acceder a cada zona a desarrollar estas actividades), y finalmente la estructura espacial de la variable a explicar.

Los resultados de cada modelo se presentan en columna. Para cada variable incluida en el modelo, se muestra el valor de su coeficiente (que no es comparable con los de otras variables, ni modelos), el valor beta (que representa un coeficiente estandarizado que si es comparable, y que indica el peso de cada variable en lo que explica el modelo del comportamiento de la densidad), y el valor t (que indica que tan significativamente distintos de 0 es el valor del coeficiente, es decir, su grado de existencia).

Debajo de cada modelo se presenta el R2 adj final, y el R2 adj antes de incorporar la estructura espacial de la densidad. El R2 indica el grado de ajuste que tiene el modelo calibrado, en el sentido de replicar el valor observado de la densidad. Es un indicador que va entre 0 y 1, y se lee normalmente como el porcentaje de ajuste del modelo (por ejemplo un R2 de 0,8 indica que el modelo con su estructura y variables consideradas explica un 80% de la densidad de superficie construida).

El incluir el R2 anterior al ajuste espacial es para analizar el aporte que genera la estructura espacial en la explicación (o ajuste) del modelo. Finalmente, se indica el error de predicción que presenta el modelo.

Aclarada la estructura del reporte, se procede a analizar los valores obtenidos.

Los modelos para el año 2001 y 2006 incluyen la constante, la densidad agregada de los usos no industriales en la zona, la distancia de retorno a casa, y la estructura espacial propia de la densidad residencial.

La constante del modelo gana significancia de explicación en el periodo 2001-2006, pasando de una significancia de 2,1 a 3,04, lo que implica que las variables incluidas en el modelo pierden poder explicativo, lo que se ve reflejado en la disminución, aunque leve, del ajuste del modelo ( $R^2$ ).

El que el modelo incluya la densidad agregada de otros usos significa que la densidad requiere de estos otros usos, en la misma zona, para satisfacer sus necesidades, y por ser el signo positivo, quiere decir que si la densidad de otros usos es alta, debería esperarse una alta densidad residencial (y lo mismo ocurre si las densidades son bajas).

La distancia de retorno a casa actúa con signo negativo en el modelo, es decir, mientras más lejana esta una zona de las actividades que se desarrolla en el día, debería esperarse una baja densidad de superficie residencial en dicha zona.

Finalmente la estructura espacial indica que un alto valor de densidad residencial en una zona coincide con altos valores de densidad residencial del entorno de la zona. Y lo mismo ocurre con los valores bajos de densidad (bajos valores en una zona, tienen bajos valores en su entorno). En el caso residencial este efecto se puede deber a condiciones de normativa, en donde se fijan zonas de alta y baja edificabilidad (superficie máxima que se puede construir), o a condiciones de mercado, en el sentido que se aprovechan las mejores condiciones para hacer más desarrollo residencial, o ambas condiciones juntas.

El modelo para el año 2001 logra un ajuste de 0,77, lo que representa un alto porcentaje de acierto del modelo, en predecir el valor de la densidad residencial de las zonas. Antes de evaluar el efecto espacial, el modelo presentaba un ajuste de 0,582, por lo que el efecto de la estructura espacial es un aumento significativa de un 19% del ajuste del modelo a la realidad. El coeficiente de la estructura espacial indica que el valor de una zona determinada recoge del orden de un 67% (0,67) del valor medio de su entorno directo, lo que resulta ser un porcentaje altamente significativo, y da cuenta de una cobertura espacial relacional bastante amplia, en el sentido que el efecto del entorno en general va entre 0 y 1. El valor 0 significa que no hay relación con los valores del entorno, mientras que el valor 1 significa que extrae el 100% del valor de su entorno directo (la relación espacial no decae con la distancia).

Dentro de las variables explicativas, es la densidad de los usos complementarios (no industriales) la que más aporta en la explicación del modelo (con un beta de 0,717), en comparación con lo que aporta la distancia de retorno a casa (en términos absolutos un coeficiente beta de 0,118). Este mismo comportamiento se refleja en la significancia de los coeficientes (7,6 contra 2,6).

El modelo del año 2006 presenta la misma estructura que el modelo 2001, pero la diferencia se aprecia en que la densidad de otros usos pierde peso en la explicación del fenómeno (el beta pasa de un 0,717 a 0,549), mientras que la distancia del retorno a casa gana peso en la explicación (beta aumenta de 0,118 a 0,332). Lo anterior, unido a la ganancia de significancia de la constante (que representa a las variables que no están incluidas en el modelo), origina una leve disminución del ajuste (pasando de 0,77 a 0,76), manteniéndose alto.

**Finalmente**, los modelos calibrados para la densidad residencial presentan buenos comportamientos econométricos, y son bastante conservadores en el sentido de identificar a las densidades de usos de compras y servicios como la variable de mayor peso en la explicación. Lo nuevo que presentan estos modelos es, por una parte, la incorporación de una variable funcional de la actividad retornar a casa, lo que afirma el argumento de tensión funcional postulado en la hipótesis. Y por otra parte la estructura espacial de la misma densidad de superficie residencial, cuya participación es significativa.

La variable funcional incluida es un comportamiento individual, pero que no representa de forma explícita la preferencia de las personas, ya que es una distancia absoluta, y no ecualizada por comportamiento alguno.

Finalmente, el comportamiento detectado es una combinación de la asociación con usos complementarios en la zona, pero condicionado por la funcionalidad individual del retorno a casa desde donde se desarrollan las actividades. No necesariamente el retorno provendrá de las actividades presentes en la misma zona, sino que dependerá de la elección de en qué territorio desarrollar la actividad, lo que ni siquiera tiene relación con el modo de transporte elegido para acceder. Para entender mejor esto se puede plantear la paradoja de situaciones en que existan los usos complementarios, pero que su funcionalidad sea baja, en términos de la distancia necesaria de recorrer para llegar a ellos (por ejemplos zonas muy extensas), que originen una pérdida de potencial de densidad residencial (fenómeno de centros de baja densidad residencial en ciudades latinoamericanas). Como se menciono anteriormente, esta situación es independiente del modo de transporte, es por lo que si se elige el modo coche o el modo bus para recorrer una distancia larga, la densidad potencial será la misma

A la luz de los resultados, se pueden analizar las actuales políticas de repoblamiento de los centros en ciudades latinoamericanas, en el sentido que uno de los factores determinantes que surge en los distintos argumentos que apoyan estas iniciativas es la alta densidad de servicios complementarios existentes en los centros de las ciudades. La complejidad en este caso es pretender que la cadena de actividades se desarrolle en el mismo centro (potencial caminata), y no requiera de otros destinos periféricos. En este sentido, la distancia de retorno a casa en la cadena de actividades considera el trabajo como una actividad más de la cadena, por lo que si no se trabaja en el centro la cadena aumenta la distancia de retorno, por lo que pierde potencial de densidad residencial. Ahora, el hecho que los centros de empleo industrial se localicen en las periferias urbanas, potencia las zonas extra-periféricas en la dimensión de la distancia de acceso a casa, por lo que con un simple aumento de los servicios complementarios en estas zonas, ya se potencia la densidad residencial. Pero si la concentración de servicios aumenta significativamente en densidad (subcentros), las densidades residenciales potenciales crecen proporcionalmente en las zonas extra-periféricas.

Lo anterior demuestra que el modelo obtenido para la densidad residencial, permite replicar situaciones que actualmente se dan en las áreas metropolitanas, lo que de cierta forma lo valida.

#### 4.4.1.2 Modelo de densidad de superficie construida de industrias

A continuación se presentan los resultados finales del modelo de densidad de superficie **industrial**. Las situaciones detectadas en el proceso de calibración se detallan a continuación.

- Se eliminó la constante del modelo, pues a lo largo de todo el proceso de calibración, mostro una baja significancia en la explicación del modelo, dado que las variables incluidas asumían de buena forma la explicación del fenómeno. Conceptualmente no es un error eliminar la constante, si es que el fenómeno admite el valor cero como factible, aunque económicamente no es muy recomendable (dado que no se representan las variables no incluidas en el modelo).
- El uso industrial fue el único en donde no se detectó auto-correlación espacial, ya sea de la variable dependiente o de los residuos, por lo que se modelo de forma clásica. Esta situación ratifica lo mostrado por la gráfica de distribución espacial de la densidad industrial, ya que no se aprecia un ordenamiento de valores altos y bajos en la RMB, o mejor dicho, no es tan explícito como en las graficas de las otras actividades. Más bien se observan corredores paralelos de valores altos.
- El análisis exploratorio de la relación con las densidades de los otros usos mostró (tabla IV.53) que el uso industrial es relativamente independiente del resto de usos en su lógica locacional, es decir, no muestra la necesidad de coexistir en la misma zona con otras actividades (o que el efecto normativo haya forzado esta condición de relativo aislamiento). Lo anterior se refleja en los siguientes componentes principales obtenidos para los usos de suelo.

**Tabla IV.53.-** Factores principales de las variables de densidades de usos de suelo

Variables de Densidades de otros usos	2001		2006	
	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
Residencias	<b>,922</b>	-,251	<b>,858</b>	,068
Industrias	,296	-,405	,293	<b>,854</b>
Educación	<b>,825</b>	,231	<b>,839</b>	-,210
Comercios	<b>,940</b>	-,179	<b>,913</b>	,148
Servicios	<b>,787</b>	,230	<b>,831</b>	-,015
Ocio y recreación	,496	<b>,763</b>	,559	-,457

Fuente: Elaboración propia

En los componentes obtenidos para el año 2001, no hay una clara representación de la densidad de industrias. Mientras que el año 2006 existe un factor principal exclusivo para la densidad industrial.

El análisis exploratorio de las variables de funcionalidad del trabajo (Tabla IV.54), mostró que en base a la participación de las distintas variables en los factores principales obtenidos, para el año 2001 se incorporo sólo el valor de un día para los tiempos de viaje, y las probabilidades funcionales del tiempo de viaje, en cambio se incorporar ambos días para la duración, su probabilidad funcional, y la probabilidad funcional conjunta.

**Tabla IV.54.- Factores principales de las variables funcionales del trabajo**

		2001			2006			
Variables funcionales del Trabajo		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Tiempo de viaje	Laboral	<b>,812</b>	,113	-,330	-,203	-,007	<b>-,942</b>	-,176
	No laboral	<b>,877</b>	-,054	,085	-,036	,023	-,111	<b>-,924</b>
Duración	Laboral	,197	-,285	<b>-,910</b>	<b>-,970</b>	-,069	-,126	-,086
	No laboral	-,080	<b>-,911</b>	-,227	-,070	<b>-,964</b>	,014	-,019
Prob. Fun. Tiempo viaje	Laboral	<b>-,786</b>	-,161	,304	,197	-,015	<b>,944</b>	,146
	No laboral	<b>-,900</b>	-,008	,045	,104	,018	,232	<b>,891</b>
Prob. Fun. Duración	Laboral	-,186	,286	,908	<b>,970</b>	,068	,138	,080
	No laboral	,060	,900	,221	,100	<b>,960</b>	,042	,028
Prob. Fun. Conjunta	Laboral	,033	,251	,117	,689	,148	,485	,052
	No laboral	-,018	,731	-,020	,095	,531	-,014	,601

Densidad de personas	Laboral	<b>,991</b>			<b>,953</b>			
	No laboral	<b>,990</b>			<b>,945</b>			
Densidad tiempo	Laboral	<b>,991</b>			<b>,951</b>			
	No laboral	<b>,991</b>			<b>,950</b>			

Fuente: Elaboración propia

Respecto de la densidad de personas y la densidad tiempo, se incluyó el valor sólo de un día. Llama la atención en estas variables, la alta correlación entre ellas, ya que presentan una alta participación en el mismo factor principal, pero como son modelos alternativos, no genera problema alguno.

El año 2006, todas las variables funcionales se incluyen con los valores para ambos días, menos las densidades de personas de tiempo.

En la tabla IV.55 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para el año 2001.

**Tabla IV.55.- Resultados calibración del modelo 2001 para la densidad de superficie industrial**

Variables explicativas		Modelo 2001 - 1			Modelo 2001 - 2			Modelo 2001 - 3			Modelo 2001 - 4		
		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
Constante													
Usos de suelo													
Ritmo urbano													
Funcionalidad del trabajo	Duración	14863	<b>0,715</b>	18,318				14815	<b>0,712</b>	18,224			
	Probabilidad funcional conjunta				1819	<b>0,681</b>	17,329				1812	<b>0,678</b>	17,243
	Densidad de personas	5,900	0,154	3,960	7,674	0,201	5,116						
	Densidad tiempo							0,085	0,158	4,039	0,110	0,204	5,195
Estructura espacial													
R2 adj.			<b>0,624</b>			<b>0,602</b>			<b>0,625</b>			<b>0,603</b>	
Log likelihood			<b>-2188</b>			<b>-2111</b>			<b>-2191</b>			<b>-2114</b>	
Error típico de la estimación			84469			86927			84383			86818	

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, en este año se obtienen cuatro modelos alternativos, los que resultan de la combinación de las variables de funcionalidad agregada (densidad de personas y densidad tiempo), y de las variables de funcionalidad individual, específicamente de la duración de la actividad y de la probabilidad conjunta (en día laboral).



En todos los modelos alternativos, la variable de mayor peso en la explicación corresponde a la duración de la actividad, o a la probabilidad funcional conjunta, que representan funcionalidades individuales. El peso medio de la duración está levemente por sobre el de la probabilidad conjunta (0,71 y 0,68 respectivamente), pero de igual forma ambos valores son altos. Esto quiere decir que es la duración-trabajador la variable de dimensionamiento de la superficie construida en industria, la que se gestiona de manera más eficiente con la política de turnos de operación, generando mayor productividad del espacio dada su mayor utilización en tiempo.

Las variables funcionales agregadas, en cambio, presentan menores pesos en la explicación del fenómeno, siendo el mayor valor de 0,2 en los modelos que incluyen la probabilidad conjunta. Estas variables se refieren a la carga real de utilización del espacio.

Estos resultados resultan ser lógicos en el sentido que mientras más personas u horas se trabaje (densidad), unida a que su jornada sea más larga (duración), más espacio-persona se requerirá.

En relación a los ajustes del modelo, que en general son valores medio altos, se aprecia una relativa independencia de las densidades, es decir, el ajuste de los modelos de densidad de personas es el mismo que el de los modelos de densidad tiempo (0,61). Esto es coherente con lo presentado anteriormente, en relación a la alta correlación entre las dos densidades.

Las variables funcionales individuales sí diferencian los ajustes de los modelos, es así que la duración logra ajustes mayores que la probabilidad conjunta (0,625 y 0,603 respectivamente). Esto significa que para la densidad industrial es más determinante el valor absoluto (las horas) de duración de la actividad, que su valor ecualizado o estandarizado (que también resulta ser explicativo, pero en menor grado).

En la tabla IV.56 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para el año 2006.

**Tabla IV.56.-** Resultados calibración del modelo 2006 para la densidad de superficie industrial

Variables explicativas		Modelo 2006 - 1			Modelo 2006 - 2			Modelo 2006 - 3			Modelo 2006 - 4		
		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
	Constante												
Usos de suelo													
Ritmo urbano													
Funcionalidad del trabajo	Duración	16387	<b>0,663</b>	16,291				16185	<b>0,654</b>	15,913			
	Probabilidad funcional conjunta				1399	<b>0,550</b>	12,732				1373	<b>0,540</b>	12,449
	Densidad de personas	7,440	0,237	5,825	10,429	0,332	7,690						
	Densidad tiempo							0,537	0,247	6,008	0,751	0,346	7,977
Estructura espacial													
	R <sup>2</sup> adj.		<b>0,671</b>			<b>0,596</b>			<b>0,673</b>			<b>0,601</b>	
	Log likelihood		<b>-2305</b>			<b>-2046</b>			<b>-2312</b>			<b>-2063</b>	
	Error típico de la estimación		83867			92975			83692			92508	

Fuente: elaboración propia

Para el año 2006 se obtiene la misma cantidad de modelos alternativos, con la misma estructura que el año 2001. Lo que varía, son los distintos indicadores, como por ejemplo:

- Las variables de mayor peso en la explicación siguen siendo la duración de la actividad y la probabilidad funcional conjunta, pero sus pesos disminuyen significativamente en relación al modelo del año 2001. La duración pasa de 0,71 a 0,659, y la probabilidad conjunta para de 0,68 a 0,545.
- En cambio las variables funcionales agregadas, a pesar que presentan menores pesos en la explicación, este aumenta en relación al modelo del año 2001. La densidad de personas pasa de 0,178 el 2001 a 0,285 el 2006, así también la densidad tiempo pasa de 0,181 el 2001 a 0,296 el 2006. Lo anterior se puede interpretar como una tendencia de dar más importancia a la cantidad de carga que a la duración de la actividad individual. Pero de ser cierto lo que se plantea, debería verificarse (cosa que no ocurre) un aumento del peso de la densidad de personas por sobre la densidad tiempo, ya que más personas dedicaría el mismo tiempo total.
- En relación a los ajustes del modelo 2006, se aprecia un leve aumento con respecto al modelo 2001 (en promedio 0,635 con respecto a 0,614). Sigue la relativa independencia de las densidades (ambas con ajuste de 0,617), y la diferenciación según duración y probabilidad conjunta (0,672 y 0,598 respectivamente). Por lo que sigue siendo más determinante el valor absoluto (las horas) de duración de la actividad, que su valor estandarizado (aunque sigue siendo explicativo).

**Finalmente**, los modelos calibrados para la densidad industrial presentan buenos comportamientos econométricos, tanto en ajustes como en significancia. Aunque la no consideración de la constante puede generar dudas al respecto. Pero por otra parte, dadas las variables finalmente incluidas, que se refieren a densidad de carga de la actividad y duración de la misma, es lógico que a densidad y duración cero no exista superficie construida.

Las variables incluidas en los modelos no son tradicionales en las teorías de localización industrial. La combinación de densidad de usos con duración de la actividad resulta ser lógica y genera una plataforma analítica coherente con las nuevas prácticas de productividad y eficiencia en la industria (política de turnos, etc.).

Se verifica entonces que en el patrón espacial de la densidad de superficie industrial, la funcionalidad tanto individual como agregada, resultan ser altamente explicativas. Dentro de estas últimas, la duración de la actividad trabajo en términos absolutos tiene un peso levemente mayor que la probabilidad conjunta. Pero esta última resulta ser más integral en el sentido que adicionalmente considera el tiempo de acceso (dimensión que no se incluye en la duración absoluta), aunque es necesario recordar que la probabilidad conjunta de trabajo está fuertemente condicionada por la duración, más que por el tiempo de viaje.

Como se planteó antes, la funcionalidad que condiciona principalmente la densidad industrial es la duración de la actividad de trabajo, asociada (con menor peso explicativo, pero no menor lógica) con la densidad de personas y de tiempo de trabajo. La segunda variable determina la masa de empleo (y su consecuente requerimiento de espacio), y la primera la intensidad temporal de uso del espacio por parte de cada trabajador. Así, se puede lograr un mismo requerimiento de espacio en base a menos trabajadores con una jornada más larga, o más trabajadores con jornada reducida (paradigma actual de productividad económica, alargando ya no la jornada sino que el período de funcionamiento de los procesos productivos).

#### 4.4.1.3 Modelo de densidad de superficie construida de educación

A continuación se presentan los resultados finales del modelo de densidad de superficie **educacional**. Las situaciones detectadas en el proceso de calibración se detallan a continuación.

- Las variables asociadas a la funcionalidad laboral no resultaron ser significativas en la explicación de la densidad de suelo educacional. Lo mismo ocurre con la variable del ritmo urbano (diversidad media de actividades).
- La estructura espacial detectada en estos modelos fue de ambos tipos (lag y error), aunque finalmente resultaron ser significativos los parámetros de modelo con estructura lag (desfase espacial de la variable, y no del error).
- El análisis exploratorio de la relación con las densidades de los otros usos mostro que el uso educacional se asocia fuertemente a los usos residencial, comercios y servicios.

El análisis exploratorio de las variables de funcionalidad del estudio (tabla IV.57), mostró que en base a la participación de las distintas variables en los factores principales obtenidos, tanto para el año 2001 como el 2006, se incorporaron los valores por día, ya que no existen asociaciones fuertes entre ellos. Existe un potencial riesgo de multicolinealidad entre la variable tiempo de viaje y duración en día laboral (y también en las probabilidades funcionales asociadas a ellos), que deberá resolverse en el proceso de calibración.

**Tabla IV.57.-** Factores principales de las variables funcionales del estudio

		2001				2006		
Variables funcionales del Estudio		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Tiempo de viaje	Laboral	-,251	-,006	-,184	<b>-,880</b>	<b>-,784</b>	-,473	-,079
	No laboral	-,003	-,063	<b>-,965</b>	-,063	,012	<b>-,856</b>	-,193
Duración	Laboral	<b>,929</b>	-,191	-,061	,059	<b>-,918</b>	,218	-,139
	No laboral	,240	<b>-,939</b>	-,065	-,007	-,099	-,114	<b>-,955</b>
Prob. Fun. Tiempo viaje	Laboral	,041	,013	,129	<b>,930</b>	<b>,766</b>	,477	,075
	No laboral	-,013	,060	<b>,926</b>	,191	,112	<b>,890</b>	,256
Prob. Fun. Duración	Laboral	<b>-,904</b>	,214	,110	,000	<b>,905</b>	-,242	,129
	No laboral	-,304	<b>,915</b>	,031	,046	,103	,230	<b>,931</b>
Prob. Fun. Conjunta	Laboral	,658	-,051	,123	,141	,402	,275	-,056
	No laboral	,254	,396	,100	-,360	,027	,626	,622
Densidad de personas	Laboral	<b>,971</b>				<b>,914</b>		
	No laboral	<b>,971</b>				<b>,911</b>		
Densidad tiempo	Laboral	<b>,971</b>				<b>,913</b>		
	No laboral	<b>,971</b>				<b>,913</b>		

Fuente: Elaboración propia

Las densidades (personas y tiempo) se ingresaron para un solo día, pues se mantienen la alta correlación entre ellas.

En la tabla IV.58 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para los años 2001 y 2006.

**Tabla IV.58.-** Resultados calibración de modelos para la densidad de superficie educacional

Variables explicativas		Modelo 2001 - 1			Modelo 2001 - 2			Modelo 2006 - 1			Modelo 2006 - 2		
		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
	Constante	1441		1,414	1460		1,427	2013		1,706	2040		1,722
Usos de suelo	Densidad de residencias	0,013	0,456	7,432	0,013	0,454	7,370	0,009	0,344	4,907	0,009	0,343	4,866
Ritmo urbano													
Funcionalidad del trabajo													
Funcionalidad del estudio	Densidad de personas	11,178	<b>0,502</b>	11,782				11,981	<b>0,561</b>	11,472			
	Densidad tiempo				0,159	<b>0,500</b>	11,641				0,170	<b>0,559</b>	11,335
Estructura espacial		0,251		4,122	0,252		4,120	0,266		4,464	0,267		4,461
R2 adj. Final    R2 adj. Sin est. Esp.		<b>0,682</b>			0,660	<b>0,679</b>			0,657	<b>0,676</b>	0,650	<b>0,571</b>	0,549
Log likelihood		<b>-3386</b>				<b>-3388</b>				<b>-3173</b>		<b>-3217</b>	
Error típico de la estimación		12018				12062				13046		15006	

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, para cada año se obtienen sólo dos modelos alternativos, los que resultan de las densidades consideradas (densidad de personas y densidad tiempo).

Los modelos para el año 2001 y 2006 incluyen la constante, la densidad de superficie residencial, y las densidades funcionales.

La constante del modelo resulta ser no significativa para todos los modelos alternativos de ambos años, pero dado que su valor se encuentra en un límite de significancia, su consideración no daña el desempeño de las restantes variables.

La densidad residencial es la variable lógica de asociación del uso educacional, bajo un enfoque de oferta demanda, ya que su demanda proviene de la residencia (preferentemente). En este caso se está analizando el amplio espectro de educación, y no sólo el técnico universitario, al cual se refieren las variables funcionales. La asociación es zonal, es decir, la superficie educacional en una zona depende de la superficie residencial en la misma zona, en forma directa (alta densidad residencial originaría alta densidad educacional, y lo mismo con valores bajos). El peso de esta variable en la explicación no es el mayor, pero es muy cercano al peso de las densidades funcionales, y en el año 2006 disminuye (pasa de un 0,455 a 0,343).

La estructura espacial de la superficie educacional es significativa, aunque su valor (0,259 en promedio) indica una relación espacial menor que el registrado en las residencias (0,6). La causa de este efecto espacial es, en general, común a todos los usos, y tiene que ver con aspectos normativos asociados a cobertura de la población, o a edificabilidad, y también a condiciones de mercado (o ambas condiciones juntas).

Los modelos para el año 2001 logran un ajuste promedio de 0,681, lo que representa un alto porcentaje de acierto del modelo, en predecir el valor de la densidad educacional. Antes de evaluar el efecto espacial, el modelo presentaba un ajuste de 0,659, por lo que el efecto de la estructura espacial es un aumento leve de un 2% del ajuste del modelo a la realidad.

Los modelos para el año 2006 logran un ajuste promedio de 0,623, lo que sigue siendo un alto porcentaje de acierto. En este caso el efecto espacial es un aumento cercano al 2,6%. Como se aprecia el ajuste disminuye entre el año 2001 y 2006.

Las densidades funcionales resultan ser las variables de mayor peso explicativo en el modelo (del orden de 0,53 en ambos años). El comportamiento de ambas densidades es muy similar, ya que ambas aumentan su peso el año 2006 (pasan de 0,50 a 0,56). Y en general existe un leve mayor ajuste de los modelos de densidad de personas que de los de densidad tiempo ( $R^2$  de 0,679 y 0,625 respectivamente). Esto podría indicar una leve tendencia de que para la densidad educacional es más relevante la cantidad de personas que la duración de la actividad (situación inversa que el caso de la densidad industrial). De todas formas, los ajustes son levemente distintos. Por último los signos de estas densidades son positivos, por lo que la relación es directa (alta densidad de personas o tiempo, debería generar alta densidad de superficie construida).

***Finalmente**, los modelos calibrados para la densidad educacional presentan buenos comportamientos econométricos. Las variables que incluye responde a la lógica conservadora del uso tradicionalmente asociado (residencia), y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas y tiempo (y no a variables de funcionalidad individual). En este caso la individualidad está presente de manera agregada en la explicación de la densidad de superficie construida.*

*Lo interesante de los resultados es que en la explicación se incorporan dos dimensiones, la primera se refiere a una demanda potencial representada en su uso asociado (residencia), pero que no es más explicativa que la demanda real, representada en las densidades tanto de personas como de tiempo. Ambas dimensiones se complementan en el logro del significativo ajuste que se alcanza, ya antes del efecto espacial (que en este caso no es tan significativo).*

#### 4.4.1.4 Modelo de densidad de superficie construida de comercios

A continuación se presentan los resultados finales del modelo de densidad de superficie **comercial**. Las situaciones detectadas en el proceso de calibración se detallan a continuación.

- Las variables asociadas a la funcionalidad laboral, igual que en caso anterior, no resultaron ser significativas en la explicación de la densidad de suelo comercial. Lo mismo ocurre con la variable del ritmo urbano (diversidad media de actividades).
- La estructura espacial detectada en estos modelos fue de ambos tipos (lag y error), aunque finalmente resultaron ser significativos los parámetros de modelo con estructura lag (desfase espacial de la variable, y no del error).
- El análisis exploratorio de la relación con las densidades de los otros usos mostro que el uso comercial se asocia fuertemente a los usos residencial y de servicios.
- El análisis exploratorio de las variables de funcionalidad de compras (Tabla IV.59), mostró que en base a la participación de las distintas variables en los factores principales obtenidos, tanto para el año 2001 como el 2006, se incorporaron los valores por día, ya que no existen asociaciones fuertes entre ellos.

**Tabla IV.59.-** Factores principales de las variables funcionales de compras

		2001			2006			
Variables funcionales de Compras		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Tiempo de viaje	Laboral	-,182	-,076	<b>-,889</b>	-,158	-,111	-,077	<b>-,939</b>
	No laboral	<b>-,810</b>	-,028	-,261	-,094	-,156	<b>-,947</b>	-,082
Duración	Laboral	-,070	<b>-,879</b>	-,315	<b>-,946</b>	-,180	-,130	-,142
	No laboral	-,622	-,616	,086	-,185	<b>-,943</b>	-,145	-,104
Prob. Fun. Tiempo viaje	Laboral	,243	,180	<b>,849</b>	,152	,088	,104	<b>,919</b>
	No laboral	<b>,800</b>	,093	,309	,133	,168	<b>,939</b>	,092
Prob. Fun. Duración	Laboral	,012	<b>,835</b>	,347	<b>,947</b>	,176	,124	,135
	No laboral	,600	,592	-,053	,171	<b>,949</b>	,176	,108
Prob. Fun. Conjunta	Laboral	-,101	,393	,653	,663	,093	,054	,580
	No laboral	,657	,024	-,028	,101	,661	,632	,090
Densidad de personas								
	Laboral	<b>,976</b>			<b>,976</b>			
	No laboral	<b>,977</b>			<b>,966</b>			
Densidad tiempo								
	Laboral	<b>,978</b>			<b>,970</b>			
	No laboral	<b>,977</b>			<b>,979</b>			

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente las densidades (personas y tiempo) se ingresaron para un solo día, pues se mantienen la alta correlación entre ellas.

En la tabla IV.60 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para los años 2001 y 2006.

**Tabla IV.60.-** Resultados calibración de modelos para la densidad de superficie de comercio

		comercios											
		Modelo 2001 - 1			Modelo 2001 - 2			Modelo 2006 - 1			Modelo 2006 - 2		
Variables explicativas		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
	Constante	-7620		-4,245	-7513		-4,198	-6210		-3,306	-6130		-3,258
Usos de suelo	Densidad de residencias	0,075	<b>0,831</b>	18,148	0,075	<b>0,823</b>	18,074	0,065	<b>0,688</b>	16,515	0,062	<b>0,663</b>	15,437
Ritmo urbano													
Funcionalidad del trabajo													
Funcionalidad de compras	Densidad de personas	35,810	<b>0,199</b>	7,505				63,395	<b>0,340</b>	11,951			
	Densidad tiempo				1,318	<b>0,205</b>	7,678				4,121	<b>0,356</b>	11,918
Estructura espacial		0,261		6,041	0,258		5,983	0,200		4,927	0,207		5,094
R2 adj. Final R2 adj. Sin est. Esp.		<b>0,873</b>		0,856	<b>0,874</b>		0,857	<b>0,895</b>		0,884	<b>0,894</b>		0,883
Log likelihood		<b>-3573</b>			<b>-3572</b>			<b>-3314</b>			<b>-3314</b>		
Error típico de la estimación		21792			21719			21253			21281		

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, al igual que en educación, para cada año se obtienen sólo dos modelos alternativos, diferenciados por la variable de densidad funcional considerada (densidad de personas y densidad tiempo).

Los modelos para el año 2001 y 2006 incluyen la constante, la densidad de superficie residencial, las densidades funcionales, y la estructura espacial.

La constante del modelo resulta ser negativa, y altamente significativa, lo que indica que las variables no incluidas en el modelo son importantes. La significancia

de la constante se reduce el año 2006, en relación al 2001, lo que indica que las variables incluidas explican de mejor forma la densidad de superficie construida (situación que se refleja en el ajuste, que se analizará más adelante).

La densidad residencial, al igual que en el modelo de superficie educacional, es la variable lógica de asociación del uso comercial, bajo un enfoque de oferta demanda y en un contexto como la RMB, en donde el comercio de barrio es parte de la cultura y está protegido por normativas específicas (actualmente en cuestionamiento por la Unión Europea).

La asociación del comercio y la residencia es zonal, es decir, la superficie de comercio en una zona depende de la superficie residencial en la misma zona, en forma directa (alta densidad residencial originaría alta densidad comercial, y lo mismo con valores bajos). El peso de esta variable en la explicación es significativamente mayor que los otras variables en 2001 (0,827), y se mantiene como la mayor explicación e año 2006, aunque baja su peso (0,675).

La estructura espacial de la superficie de comercio es significativa, y su valor de 0,23 en promedio, la iguala al comportamiento de la superficie educacional. Lo anterior se entiende por la escala de barrio del comercio, al igual que la educación. Las posibles causas de este efecto espacial son las mismas que las mencionadas para educación (aspectos normativos asociados a cobertura de la población, o a edificabilidad, y también a condiciones de mercado, o todas en conjunto).

Los modelos para el año 2001 logran un ajuste promedio de 0,874, lo que representa un alto porcentaje de acierto del modelo, en predecir el valor de la densidad comercial. Antes de evaluar el efecto espacial, los modelos presentaba un ajuste de 0,857, por lo que el efecto de la estructura espacial es un aumento leve de un 2% del ajuste del modelo a la realidad (valor similar que para la superficie educacional).

Los modelos para el año 2006 logran un ajuste promedio mayor que el 2001 (0,895), por lo que crece aún más el porcentaje de acierto. En este caso el efecto espacial es un aumento cercano al 1,1%.

Nuevamente las densidades funcionales resultan ser las variables incluidas en el modelo, pero presentan un menor peso explicativo en el modelo (del orden de 0,275 en ambos años). El comportamiento de ambas densidades es muy similar, ya que ambas aumentan su peso el año 2006 (pasan de 0,202 a 0,348). Lo anterior, unido a la pérdida de significancia de la constante, y la pérdida de peso explicativo de la densidad residencial, originan un aumento del ajuste del modelo, el que pasa de un 87,4% el 2001, a un 89,5% el año 2006. En este contexto, no existe diferenciación en el ajuste entre los modelos de densidad de personas y densidad tiempo. La única diferencia entre las densidades se refiere a los pesos en la explicación, donde la densidad tiempo presenta un valor levemente superior que la densidad de personas. Esto podría interpretarse como una importancia relativa mayor de la duración de la compra, que del número de personas, en el sentido que mientras más dure la estadía por compras hay mayor probabilidad de consumir más, lo que implica mayor densidad (dado que los signos de ambas densidades son positivos) para capturar mayor beneficios.

***Finalmente***, los modelos calibrados para la densidad de superficie de comercio presentan buenos comportamientos econométricos. Las variables que incluye responde a la lógica conservadora del uso tradicionalmente asociado (residencia), y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas y tiempo (y no a variables de funcionalidad individual).

*En este caso la individualidad está presente de manera agregada en la explicación de la densidad de superficie construida.*

*Nuevamente lo interesante de los resultados, al igual que en el modelo de educación, es que en la explicación se incorporan dos dimensiones, la primera se refiere a una demanda potencial representada en su uso asociado (que es mayoritaria en la explicación del fenómeno), y la demanda real, representada en las densidades tanto de personas como de tiempo. Ambas dimensiones se complementan en el logro del alto ajuste que se alcanza, ya antes del efecto espacial (que en este caso no es tan significativo).*

*La evolución del año 2001 al 2006 muestra una leve tendencia de disminución del peso explicativo de la residencia, por un leve aumento del peso explicativo de las densidades funcionales (indistintamente de personas o de tiempo).*

#### 4.4.1.5 Modelo de densidad de superficie construida de servicios

A continuación se presentan los resultados finales del modelo de densidad de superficie **de servicios**. Las situaciones detectadas en el proceso de calibración se detallan a continuación.

- Las variables asociadas a la funcionalidad laboral, igual que en caso anterior, no resultaron ser significativas en la explicación de la densidad de suelo comercial. Lo mismo ocurre con la variable del ritmo urbano (diversidad media de actividades).
- La estructura espacial detectada en estos modelos fue de ambos tipos (lag y error), aunque finalmente resultaron ser significativos los parámetros de modelo con estructura lag (desfase espacial de la variable, y no del error).
- El análisis exploratorio de la relación con las densidades de los otros usos mostro que el uso de servicios se asocia fuertemente a los usos residencial, comercial, y de ocio-recreación.
- El análisis exploratorio de las variables de funcionalidad de actividades personales (tabla IV.61), mostró que en base a la participación de las distintas variables en los factores principales obtenidos, tanto para el año 2001 como el 2006, se incorporaron los valores por día, ya que no existen asociaciones fuertes entre ellos.

**Tabla IV.61.- Factores principales de las variables funcionales de actividades personales**

		2001				2006			
Variables funcionales de Act. Personales		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Tiempo de viaje	Laboral	-,088	<b>,877</b>	-,105	-,266	-,260	-,005	-,098	<b>-,944</b>
	No laboral	-,133	,190	-,102	<b>-,946</b>	-,058	-,159	<b>-,928</b>	-,037
Duración	Laboral	-,142	,451	<b>-,826</b>	-,096	<b>-,970</b>	-,088	-,063	-,122
	No laboral	<b>-,929</b>	,197	-,048	-,057	-,123	<b>-,921</b>	-,075	,072
Prob. Fun. Tiempo viaje	Laboral	,082	<b>-,923</b>	,061	,257	,236	,024	,060	<b>,953</b>
	No laboral	,156	-,293	,065	<b>,910</b>	,099	,189	<b>,934</b>	,104
Prob. Fun. Duración	Laboral	,176	-,515	<b>,753</b>	,103	<b>,959</b>	,067	,072	,176
	No laboral	<b>,890</b>	-,214	,133	,148	,039	<b>,958</b>	,143	,051
Prob. Fun. Conjunta	Laboral	,023	,276	<b>,796</b>	,047	<b>,894</b>	,044	,060	,320
	No laboral	<b>,818</b>	,148	,073	,121	,021	,727	,512	,106
Densidad de personas	Laboral	<b>,959</b>				<b>,882</b>			
	No laboral	<b>,958</b>				<b>,852</b>			
Densidad tiempo	Laboral	<b>,962</b>				<b>,882</b>			
	No laboral	<b>,960</b>				<b>,888</b>			

Fuente: Elaboración propia



Nuevamente las densidades (personas y tiempo) se ingresaron para un solo día, pues se mantiene la alta correlación entre ellas.

En la tabla IV.62 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para el año 2001.

**Tabla IV.62.-** Resultados calibración de modelos para la densidad de superficie de servicios, año 2001

Variables explicativas		Modelo 2001 - 1			Modelo 2001 - 2			Modelo 2001 - 3		
		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
	Constante	-625		-0,162	-5981		-1,514	-5838		-1,478
Usos de suelo	Densidad de sup. Ocio-recreación	0,269	0,271	6,170	0,268	0,258	5,862	0,270	0,260	5,922
Ritmo urbano										
Funcionalidad del trabajo										
Funcionalidad de	Duración	-1993	-0,083	-2,074						
actividades personales	Probabilidad funcional duración									
	Probabilidad funcional conjunta				68	0,085	2,177	62	0,079	2,033
	Densidad de personas	101,663	0,631	14,121	99,801	0,615	14,020			
	Densidad tiempo							1,352	0,617	14,133
Estructura espacial		0,654		16,251	0,646		15,630	0,644		15,541
	R2 adj. Final    R2 adj. Sin est. Esp.	0,775		0,591	0,774		0,602	0,774		0,605
	Log likelihood	-3763			-3762			-3762		
	Error típico de la estimación	38243			38299			38286		

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, para el año 2001 se obtienen tres modelos alternativos, diferenciados por la variable de densidad funcional considerada (densidad de personas y densidad tiempo), y por la variable funcional de duración de la actividad.

Los modelos para el año 2001 incluyen la constante, la densidad de superficie de ocio-recreación, la duración de las actividades, las densidades funcionales, y la estructura espacial.

La constante del modelo resulta ser no significativa para todos los modelos alternativos de este año, pero su valor se encuentra en un límite de significancia, por lo que su consideración no daña el desempeño de las restantes variables.

La densidad de superficie de actividades de ocio-recreación resultó ser la variable incluida en todos los modelos. La alta correlación entre ocio-recreación, comercios y residencias finalmente impide la incorporación de más de una de estas variables, por lo que el procedimiento detectó la mejor variable desde el punto de vista de la globalidad del modelo, la que a su vez resulta ser bastante lógica como actividad asociada, en el contexto de las economías de aglomeración.

La asociación que refleja el modelo con la superficie de ocio-recreación y la superficie de servicios es zonal, es decir, las densidades están presentes en la misma zona (alta densidad de una originaría alta densidad de la otra, y lo mismo con valores bajos). El peso de esta variable en la explicación no es el mayor entre todas las variables explicativas (0,263), valor que se mantiene entre modelos con densidad de personas y tiempo.

La estructura espacial de la superficie de servicios es significativa, y su valor de 0,648 en promedio, la iguala al comportamiento de la superficie residencial. Lo anterior muestra que las escalas de las concentraciones de servicios superan la escala del barrio, adoptando cobertura de escala metropolitana. En este caso, las posibles causas de este efecto espacial son principalmente normativa (usos y edificabilidad), y de mercado.

Los modelos para el año 2001 logran un ajuste promedio de 0,774, lo que representa un alto porcentaje de acierto del modelo, en predecir el valor de la densidad de servicios. Antes de evaluar el efecto espacial, los modelos presentaban un ajuste de 0,6, por lo que el efecto de la estructura espacial es un aumento significativo de un 17% del ajuste del modelo a la realidad.

Nuevamente las densidades funcionales resultan ser las variables incluidas en el modelo de mayor peso explicativo (del orden de 0,62). El comportamiento de ambas densidades es muy similar, manteniendo el peso explicativo, los ajustes de los modelos, la significancia de la constante, etc.

La única variable funcional individual incluida en el modelo es la duración de la actividad, o la probabilidad funcional conjunta. Estas variables si bien son significativas en el modelo, su peso explicativo es muy bajo (0,082). El signo del coeficiente de la duración es negativo, lo que indica una relación inversa entre la duración y la densidad de superficie. Esto significa que a mayor duración de la actividad personal desarrollada en el servicio, menor es la densidad de superficie de servicio. La explicación de esta situación proviene del análisis de la intensidad de usos del suelo, en el sentido que si la duración de la actividad personal es menor, asociada a una alta intensidad de personas, se genera un mayor número de personas atendidas, y en el caso de servicios privados, mayores ingresos. Lo anterior induce a aumentar la densidad de superficie. Una alta densidad de personas con duraciones mayores genera menos ingresos, por el hecho que se realizan menos atenciones.

La probabilidad funcional de la duración tiene un coeficiente de signo positivo, ya que se construye en relación inversa a la duración (a menor duración mayor probabilidad, y viceversa). Y la probabilidad funcional está fuertemente determinada por la duración, por lo que también es lógico su signo positivo. En todo caso el peso explicativo de estas variables es muy bajo, por lo que priman las densidades funcionales.

En la tabla IV.63 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para el año 2006.

**Tabla IV.63.-** Resultados calibración de modelos para la densidad de superficie de servicios, año 2006

Variables explicativas		Modelo 2006 - 1			Modelo 2006 - 2			Modelo 2006 - 3			Modelo 2006 - 4			Modelo 2006 - 5			Modelo 2006 - 6		
		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
	Constante	-2908		-0,711	-19012		-3,562	-18463		-3,528	-3838		-0,910	-18375		-3,337	-17771		-3,292
Usos de suelo	Densidad de sup. Ocio-recreación	0,324	0,199	5,173	0,317	0,196	5,100	0,328	0,202	5,241	0,328	0,206	5,079	0,321	0,203	5,011	0,331	0,208	5,125
Ritmo urbano																			
Funcionalidad del trabajo																			
Funcionalidad de actividades personales	Duración	-4249	-0,061	-1,968							-3928	-0,057	-1,765						
	Probabilidad funcional duración				238	0,062	2,188							212	0,061	1,888			
	Probabilidad funcional conjunta							175	0,069	2,127							154	0,053	1,811
	Densidad de personas	127,285	<b>0,803</b>	15,858	128,309	<b>0,813</b>	15,902	128,674	<b>0,814</b>	15,892									
	Densidad tiempo										7,723	<b>0,789</b>	14,844	7,775	<b>0,798</b>	14,871	7,793	<b>0,798</b>	14,859
Estructura espacial		0,402		9,338	0,406		9,449	0,402		9,323	0,431		9,904	0,434		10,012	0,431		9,902
	R2 adj. Final R2 adj. Sin est. Esp.	<b>0,841</b>		0,794	<b>0,841</b>		0,794	<b>0,841</b>		0,795	<b>0,831</b>		0,776	<b>0,831</b>		0,775	<b>0,831</b>		0,776
	Log likelihood	-3463			-3462			-3462			-3473			-3472			-3472		
	Error típico de la estimación	35007			34941			34970			36100			36059			36089		

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, para el año 2006 se obtienen seis modelos alternativos, diferenciados por la variable de densidad funcional considerada (densidad de personas y densidad tiempo), y por las variables funcionales de la duración de la actividad (duración, probabilidad funcional parcial, probabilidad funcional conjunta).

Los modelos para el año 2006, al igual que el año 2001, incluyen la constante, la densidad de superficie de ocio-recreación, la duración de las actividades, las densidades funcionales, y la estructura espacial.

La constante del modelo resulta ser no significativa para los modelos que incluyen duración, y significativa para los modelos que incluyen probabilidades funcionales. Esta situación no influye en los ajustes de los modelos, como lo ocurrido en modelos anteriores.

Al igual que el año 2001, la densidad de superficie de actividades de ocio-recreación resultó ser la variable incluida en todos los modelos. Su lógica de asociación ya fue mencionada antes. El peso de esta variable en la explicación no es el mayor entre todas las variables explicativas (en promedio 0,202), valor varía levemente entre modelos con densidad de personas y tiempo, siendo mayor el peso de los modelos de densidad tiempo.

La estructura espacial de la superficie de servicios es significativa, pero su valor disminuye con respecto al año 2001 (en promedio es de 0,418 el 2006, frente al 0,648 del 2001). Dicho esto, la escala del efecto espacial el año 2006 se reduce, pero no llega a niveles de barrio como los registrados por las densidades de comercios y educación.

Los modelos para el año 2006 logran un ajuste promedio de 0,836, lo que representa un alto porcentaje de acierto del modelo, un aumento significativo con respecto al ajuste de los modelos del año 2001 (0,774). Antes de evaluar el efecto espacial, los modelos presentaban un ajuste de 0,785, por lo que el efecto de la estructura espacial es un aumento de un 5% del ajuste del modelo a la realidad, porcentaje menor que el año 2001.

Nuevamente las densidades funcionales resultan ser las variables de mayor peso explicativo incluidas en el modelo (del orden de 0,802), valor muy superior a los modelos del año 2001. En este caso, el comportamiento de ambas densidades es distinto, ya que el peso de la densidad de personas es levemente superior al de la densidad tiempo (0,81 contra 0,795 respectivamente).

Al igual que en los modelos del año 2001, la única variable funcional individual incluida en el modelo es la duración de la actividad, la probabilidad parcial de dicha duración, o la probabilidad funcional conjunta. Estas variables si bien son significativas en el modelo, su peso explicativo es muy bajo (0,065), menor que el peso de los modelos del 2001. El signo del coeficiente sigue siendo negativo, y el de las probabilidades positivo, por lo que sigue siendo válida la explicación dada anteriormente.

En los modelos de densidad tiempo, las variables asociadas a la duración dejan de ser significativas al 5%.

***Finalmente**, los modelos calibrados para la densidad de superficie de servicios presentan buenos comportamientos econométricos. Las variables que incluyen responden a la lógica conservadora de la economía de aglomeración con la densidad de actividades de ocio-recreación, y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas y tiempo, y también a la duración de las actividades personas que en ella se desarrollan.*

*En este caso la individualidad es explícita en el modelo, y además implícita en el las densidades funcionales agregadas.*

*Nuevamente lo interesante de los resultados, es que, al igual que en los modelos anteriores, en la explicación se incorporan las dimensiones de demanda potencial y demanda real, de las cuales esta última tiene mayor peso explicativo. Ambas dimensiones se complementan en el logro del alto ajuste que se alcanza, ya antes del efecto espacial (que en este caso es significativo).*

*La evolución del año 2001 al 2006 muestra una leve tendencia de disminución del peso explicativo de la densidad de ocio-recreación, en post de un aumento del peso explicativo de las densidades funcionales (preferentemente de personas), lo que induce un aumento del ajuste de los modelos.*

#### *4.4.1.6 Modelo de densidad de superficie construida de actividades de ocio-recreación*

A continuación se presentan los resultados finales del modelo de densidad de superficie **de ocio-recreación**. Las situaciones detectadas en el proceso de calibración se detallan a continuación.

- Las variables asociadas a la funcionalidad laboral, igual que en caso anterior, no resultaron ser significativas en la explicación de la densidad de suelo comercial. Lo mismo ocurre con la variable del ritmo urbano (diversidad media de actividades).
- La estructura espacial detectada en estos modelos fue de ambos tipos (lag y error), aunque finalmente resultaron ser significativos los parámetros de modelo con estructura lag (desfase espacial de la variable, y no del error).
- El análisis exploratorio de la relación con las densidades de los otros usos mostro que el uso comercial se asocia fuertemente a los usos residencial y de servicios.
- El análisis exploratorio de las variables de funcionalidad de compras (Tabla IV.64), mostró que en base a la participación de las distintas variables en los factores principales obtenidos, tanto para el año 2001 como el 2006, se incorporaron los valores por día, ya que no existen asociaciones fuertes entre ellos.

**Tabla IV.64.-** Factores principales de las variables funcionales de actividades de ocio-recreación

		2001					2006			
Variables funcionales de Ocio-recreación		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Tiempo de viaje	Laboral	,029	-,183	-,136	-,911	-,171	-,932	-,117	-,032	,062
	No laboral	-,036	-,026	-,953	-,132	-,107	-,108	-,910	,069	,006
Duración	Laboral	-,059	-,942	-,054	-,148	-,121	-,038	-,031	-,142	-,976
	No laboral	-,979	-,058	-,075	-,013	-,081	-,014	-,084	-,973	-,111
Prob. Fun. Tiempo viaje	Laboral	,043	,064	,171	,928	-,095	,942	,043	-,032	-,060
	No laboral	,161	,131	,911	,180	-,147	,067	,931	-,029	,040
Prob. Fun. Duración	Laboral	,090	,949	,095	,087	-,029	-,057	-,008	,111	,979
	No laboral	,979	,089	,103	,004	-,006	-,021	,027	,963	,151
Prob. Fun. Conjunta	Laboral	,072	,263	-,089	,164	,738	,787	,092	,004	,086
	No laboral	,006	-,127	,055	-,083	,854	,103	,803	,388	-,011

Densidad de personas	Laboral	,959					,959			
	No laboral	,958					,958			
Densidad tiempo	Laboral	,962					,962			
	No laboral	,960					,960			

Fuente: Elaboración propia

Sólo en el caso de la probabilidad conjunta del año 2001, se incluyó sólo un día. Y nuevamente las densidades (personas y tiempo) se ingresaron para un solo día, pues se mantienen la alta correlación entre ellas.

En la tabla IV.65 se presentan los resultados de la calibración de los modelos para los años 2001 y 2006.

**Tabla IV.65.-** Resultados calibración de modelos para la densidad de superficie de ocio-recreación

Variables explicativas		Modelo 2001 - 1			Modelo 2001 - 2			Modelo 2006 - 1		
		Coef	Beta	t	Coef	Beta	t	Coef	Beta	t
	Constante	12032		5,227	12145		5,277	11611		4,411
Usos de suelo	Densidad de servicios	0,110	0,367	4,409	0,107	0,355	4,222	0,132	0,399	5,433
Ritmo urbano										
Funcionalidad del trabajo										
Funcionalidad de actividades de ocio-recreación	Densidad de personas	10,154	0,224	3,539				3,052	0,182	2,593
	Densidad tiempo				0,294	0,237	3,690			
Estructura espacial		0,338		4,780	0,336		4,741	0,334		4,573
R2 adj. Final R2 adj. Sin est. Esp.		0,335			0,269			0,337		
Log likelihood		-3646			-3646			-3418		
Error típico de la estimación		27434			27394			30215		

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, se obtuvieron tres modelos alternativos, dos para el año 2001 y uno para el 2006. La diferenciación es por las variables de densidad funcional considerada (densidad de personas y densidad tiempo).

Los modelos para el año 2001 y 2006 incluyen la constante, la densidad de superficie de servicios, las densidades funcionales, y la estructura espacial.

La constante del modelo es altamente significativa, lo que indica que las variables no incluidas en el modelo son importantes. La significancia de la constante se

reduce levemente el año 2006, en relación al 2001, situación que no tiene efecto en el ajuste, como se verá a continuación.

La densidad de servicios responde a una relación explicativa bidireccional, entre las actividades de ocio-recreación y los servicios, en donde unas se incluyen en los modelos de las otras. La coherencia de esta relación ya se explico en el modelo anterior. El peso de esta variable en la explicación es media, pero mayor que los otras variables (0,374), situación que aumenta levemente el año 2006 (0,399).

La estructura espacial de la superficie de ocio-recreación es significativa, y su valor de 0,336 en promedio, la acerca al comportamiento de la superficie educacional y de comercio. Lo anterior significa que la escala de esta actividad tiende hacia la escala de barrio, siendo las posibles causa de esto aspectos normativos asociados a cobertura de la población, y más significativamente asociadas a factores de mercado.

Los ajustes logrados por los modelos (en ambos años) son extremadamente bajos, con un promedio de ambos años de 0,336, es decir, que las variables incluidas en los modelos sólo pueden predecir en un 33% la densidad de las actividades de ocio-recreación. Antes de evaluar el efecto espacial, los modelos seguían presentando ajustes bajos, del orden de 0,264, por lo que el efecto de la estructura espacial es un aumento significativo de un 7% del ajuste del modelo a la realidad. Lo anterior da una imagen aún menor de la efectividad en la explicación de las variables incluidas.

Nuevamente las densidades funcionales resultan ser las variables incluidas en el modelo, pero presentan un menor peso explicativo en el modelo (del orden de 0,214 en ambos años), aunque cercano al mayor valor de la densidad de servicios. El comportamiento de ambas densidades es muy similar, el año 2001. El año 2006 la densidad tiempo pierde significancia, por lo que no es incluida en un modelo.

***Finalmente***, los modelos calibrados para la densidad de superficie de ocio-recreación presentan buenos comportamientos econométricos, aunque el ajuste que logran es medio bajo. En este contexto de explicación del fenómeno, las variables que incluye responde a la lógica de asociación de usos (servicios), y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas y tiempo (y no a variables de funcionalidad individual). El peso explicativo se reparte similarmente entre estas variables, siendo mayor el peso de la densidad de servicios.

*Como en todos los modelos anteriores, lo interesante sigue siendo la dualidad entre demanda potencial y demanda real, en este caso equiparadas en poder explicativo. Ambas dimensiones se complementan, a lo que se suma el efecto espacial de (que es significativo), para lograr el ajuste medio antes mencionado.*

*La evolución del año 2001 al 2006 muestra una leve tendencia de aumento del peso explicativo de la densidad de servicios, y una leve pérdida de peso explicativo de las densidades funcionales, perdiéndose la densidad tiempo como variable explicativa el año 2006.*

**En síntesis**, de los resultados obtenidos, sin olvidar las limitaciones propias de los modelos, se puede decir que:

- *En las distintas lógicas de explicación de las densidades de superficie construida de las actividades de educación, comercio, servicios, y ocio-recreación, se da de manera sistemática la relación entre una demanda potencial, asociada a usos tradicionalmente considerados al respecto, y una demanda real asociada principalmente a las densidades funcionales (de personas y de tiempo). Esta combinación cambia los pesos específicos en la explicación del fenómeno, dependiendo de la actividad que se analice. Es así que para las densidades de educación y servicios son más relevantes las demandas reales, mientras que para las densidades de comercio y ocio-recreación son más relevantes las demandas potenciales. Lo anterior demuestra una cierta flexibilidad en las actividades de comercio y ocio, en el sentido que su dimensionamiento es relativo a las externalidades que generen las actividades asociadas. El caso de los comercios es el más claro, mientras que en ocio y recreación ambas dimensiones son muy similares en pesos de explicación. Por otra parte están los centros educativos y de servicios (personales) que dimensionan sus espacios con base en la demanda real, ya que esta demanda presentan pocas libertades en la elección, lo que hace su visita relativamente reiterativa (además de ser cotidiana). Lo anterior no ocurre con los comercios y ocio-recreación, cuyas visitas presentan menor certeza.*
- *En las densidades de residencias e industrias, no se presenta la lógica de demandas, sino que su dimensionamiento depende de otros factores. En el caso industrial se tiene la certeza de la visita (el trabajador), por lo que la relevancia la adquiere su jornada de trabajo. En el caso de la residencia, la lógica va en las relaciones potenciales de satisfacción de necesidades, las que también pueden ser interpretadas en términos de la valoración económica de los inmuebles. Lo anterior se da en el sentido que los servicios complementarios son más relevantes a la hora de conformar el valor, que la accesibilidad (aunque también participa en la construcción del valor, pero en menor magnitud).*
- *Lo anterior demuestra que la funcionalidad de las personas, de forma individual o agregada, resultó ser una variable explícita en cada uno de los modelos obtenidos, compitiendo directamente con la estructura complementaria de usos de suelo.*
- *El comportamiento individual (de las personas) se refleja en los modelos tanto en forma absoluta (duración) como de manera estandarizada (probabilidad funcional conjunta), conformando modelos alternativos, con iguales características (con iguales fortalezas y debilidades).*

## IV.5 Consideraciones finales del capítulo

Si bien se han caracterizado desde el punto de vista de su funcionalidad las distintas actividades, y se han obtenido los modelos que permiten establecer la validez de la hipótesis de investigación, surge algunas dudas propias de todo proceso de investigación, que se refieren a la relevancia de las densidades funcionales en la verificación de la hipótesis, y su relación con el comportamiento de las personas.

Por construcción tanto la densidad de personas como la densidad tiempo dependen del patrón de comportamiento de probabilidad conjunta. Es este patrón el que determina cuanto tiempo viajan las personas, y cuanto tiempo demoran en desarrollar la actividad en un determinado territorio. En este contexto, la densidad de personas surge del número de personas que están en determinado tiempo en el territorio, lo que claramente depende de la duración (principalmente), luego que llega del viaje.

Por otra parte la densidad tiempo se construye con los tiempos totales ocupados en desarrollar la actividad en un territorio. Pero dicho tiempo de duración responde a la probabilidad funcional conjunta, ya que la duración está condicionada por el tiempo de viaje.

De lo anterior se puede apreciar que las densidades surgen del mismo patrón de probabilidad conjunta, pero que representan informaciones distintas. En la práctica esta variables están altamente correlacionadas, por lo que ambas son incluidas en los modelos.

Pero ahora, desde el punto de vista empírico, surge la duda respecto de cómo afecta el comportamiento de la población en las densidades funcionales.

Lo que se demostró de forma directa es que la localización de la densidad de las actividades depende de la funcionalidad de la actividad, y que dicha funcionalidad es producto de la agregación del comportamiento individual de las personas.

Pero en este punto se podría lógicamente argumentar que existe una relación directa (uno a uno) entre la densidad de superficie construida y la densidad de personas<sup>12</sup>. Y sería esta relación la que produce la inclusión de esta variable en casi la totalidad de los modelos. Par dilucidar esto, en la tabla IV.66 se presentan las matrices de correlaciones lineales entre las distribuciones espaciales de las densidades de superficies construidas y las densidades de personas.

**Tabla IV.66.** - Análisis de correspondencia entre densidad de superficie construida y la densidad de personas por actividad en la RMB

Actividad	Correlación lineal entre densidad de superficie construida e intensidad media, RMB		
	2001	2006	Variación 2001-2006
Industria	,216	,316	,239
Educación	,702	,756	,176
Comercio	,505	,776	,328
Servicios	,742	,872	,585
Ocio y recreación	,428	,529	,481

Fuente: Elaboración propia

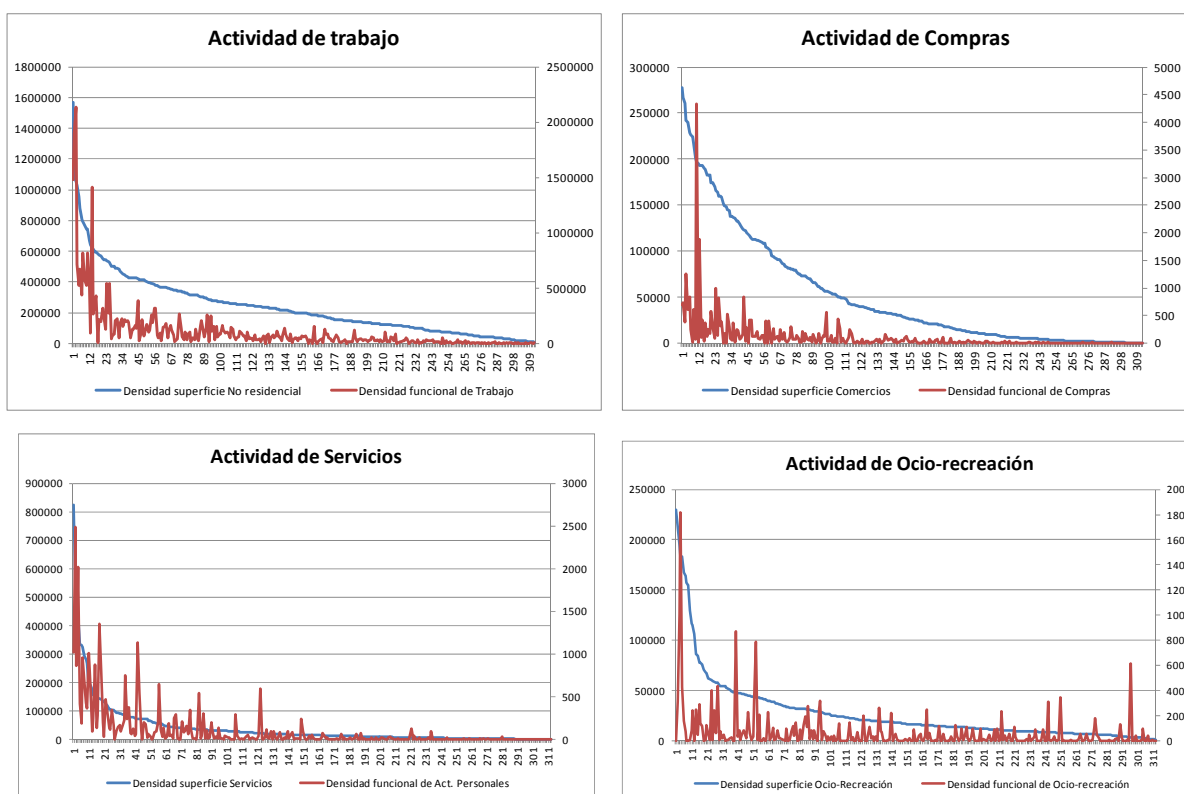
<sup>12</sup> como lo proponía el modelo clásico de transporte, en lo que referente a los modelos de atracción que se basan en la técnica de tasas de atracción por superficie de actividad.



Si bien en la tabla IV.66 se observan correlaciones lineales relativamente altas en algunos casos (del orden de 0,872), no existen una generalidad de valores significativamente altos. Esto indica la existencia de una no linealidad en la relación, que es impuesta por la variable densidad de personas, y específicamente por la forma en que se construye (agregando el comportamiento de muchas personas).

En la figura IV.67 se muestra una grafica de comparación entre densidades de superficie construida y densidades funcionales de distintas actividades.

**Figura IV.67.-** Comportamiento de las densidades de superficie construida y las densidades funcionales (densidad de personas), RMB año 2001



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de las graficas, frente a un comportamiento monótono decreciente de la densidad de superficie construida, el comportamiento de la densidad de personas no tiene esta monotonía, y más bien presentan un comportamiento de alternancia de picos altos y bajos. En la actividad de servicios en donde se ajusta de mejor forma el comportamiento, lo que ratifica la correlación de 0,872 de la tabla anterior. La discrepancia mayor la presenta ocio-recreación, con altas densidades de personas en bajas densidades de superficie.

En el entendido que existen muchos problemas e inconsistencias en las decisiones que se han tomado para llegar a esta comparación, a lo largo del estudio se han dado ciertas regularidades y coherencia que permitirían argumentar que el comportamiento de la densidad funcional responde claramente a la existencia de oferta en el destino, pero también a las condiciones personales para acceder y

desarrollar las actividades. Es aquí donde adquieren relevancia los indicadores de probabilidad funcional (parcial y conjunta) en su relación con la densidad de superficie construida de actividades. Y, dado que la probabilidad funcional es un comportamiento estadístico de una persona tipo del área de estudio, se puede decir que se verifica la relación entre la funcionalidad de las personas, la funcionalidad de las actividades, y la estructura de la superficie construida.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE DESARROLLO

En este capítulo se presentan las conclusiones de la tesis, así como las líneas de desarrollo que se abren en el tema analizado.

#### V.1- CONCLUSIONES

Las conclusiones del trabajo desarrollado se refieren a todos los elementos constitutivos de la tesis, pero la principal conclusión es respecto del problema de investigación original, y la respuesta a dicha pregunta que plantea la hipótesis de investigación.

##### 5.1.1 Respecto de la verificación de la hipótesis de investigación

El problema de investigación que origina la tesis se refería a conocer la relación entre la localización de las actividades en el territorio y la funcionalidad cotidiana de dichas actividades, en sus dimensiones de acceso y desarrollo de la actividad.

La hipótesis de investigación planteada frente a esta problemática propone que *“el comportamiento de las personas en la ciudad, en lo que se refiere a su patrón de viaje y de desarrollo de la actividad en su conjunto, conforman las características funcionales de las actividades, las que influyen directamente en las lógicas locacionales de dichas actividades en el territorio”*.

En la recopilación del estado de arte, se analizaron los distintos enfoques de disciplinas afines con el tema del comportamiento de las personas en la ciudad, y también con el entendimiento y medición de la estructura urbana a partir del patrón de localización territorial de actividades.

Del análisis crítico del estado del arte en relación a los requerimientos del enfoque de funcionalidad de actividades, se sentaron las bases conceptuales y técnicas para, primero caracterizar la funcionalidad de las personas y las actividades, y segundo verificar la hipótesis de investigación. Respecto de la forma de medir y caracterizar la estructura de actividades en el territorio, sólo se utilizaron los enfoques más afines al tema de investigación, ya que generar un desarrollo en esta línea no fue parte de los objetivos de la tesis.

En el desarrollo del trabajo, que significó la puesta en práctica de las bases técnicas construidas, se elaboraron distintos conceptos e indicadores de la funcionalidad de las personas, y su integración para caracterizar la funcionalidad de las actividades en el territorio. Como elementos sintéticos del comportamiento funcional surgieron los indicadores de probabilidad funcional parcial (de tiempo de acceso, y duración) y probabilidad funcional conjunta, que demostraron su efectividad en reflejar el comportamiento funcional del desarrollo de las actividades, entendida esta como el acceso y el desarrollo de la misma.

El objetivo de utilizar modelos explicativos no fue para llegar a predecir con exactitud, ni los valores de densidad de superficies construidas, ni las relaciones causales de dependencias, sino más bien el establecer asociaciones de comportamiento de variables, que luego de la rigurosidad estadística econométrica (para asegurar que las conclusiones tuviesen bases técnicas correctas), poder deducir una relación potencial (de carácter dialectico y no causal) entre las variables explicativas y la explicada.

Las relaciones o asociaciones detectadas surgieron de modelos econométricos coherentes en la forma de representar el fenómeno, técnicamente correctos, y con altos niveles de ajuste a la realidad de la distribución espacial de las densidades de superficie construida por actividad.

Lo que finalmente se demostró es que, en la distribución espacial de las densidades de superficie construida de las distintas actividades analizadas, existen una asociación con variables que recogen la relación entre actividades (tradicionalmente conocidas como economías de aglomeración, que representan demandas potenciales indirecta), pero también con variables que representan la funcionalidad cotidiana que las personas imprimen en las actividades (producto de la forma en que las desarrollan). Las variables funcionales específicas que se detectaron en relación a la distribución de las actividades tienen relación, en la mayoría de los casos, con la intensidad de uso del territorio por parte de las personas (ya sea en términos de densidad de visitantes o de las horas dedicadas a las actividades). Ambas variables dan cuenta de la demanda real de las actividades. En algunos casos, la funcionalidad asociada a la duración de la actividad (tanto en su valor absoluto como en la probabilidad funcional asociada) también se incluyó en el proceso de explicación de las densidades de superficies, como factores influyentes en el dimensionamiento del espacio necesario para acoger la actividad.

Lo que ha demostrado esta tesis, de forma directa, es que la localización de la densidad de las actividades tiene relación, entre otras cosas, con la funcionalidad de la actividad, la que a su vez es producto del comportamiento agregado de las personas. Por lo que se verifica la hipótesis de investigación propuesta en la presente tesis doctoral.

Lo que no ha sido demostrado en esta tesis es lo referente a que estructuras espaciales de las actividades serán generadas por distintos patrones de comportamiento individual y agregado de las personas, es decir, distintas estructuras de probabilidad funcional. Este problema de investigación es parte de los lineamientos de investigación que se presentan en el siguiente punto.

### 5.1.2 Síntesis de los resultados obtenidos

Los resultados obtenidos dan cuenta de múltiples comportamientos, cuya secuencia de análisis va desde el comportamiento individual (cadenas), pasando por el comportamiento de las actividades (funcionalidad de actividades), para seguir al comportamiento del ritmo urbano, y finalmente la localización de las actividades. A continuación se sintetizan dichos resultados.

Respecto de las **cadenas de actividades de las personas** en la RMB se puede concluir que son mayoritariamente pendulares, y uni-funcionales, aunque el año 2006 muestra una tendencia a la multifuncionalidad. Es el hogar el que ejerce el rol de lanzadera (o pivot) en las cadenas.

Las cadenas basadas en actividades de trabajo y estudio tienen un comportamiento característico, presentando mayores distancias, tiempos de viaje, y duraciones en

día laboral, las que en general se contraen en el día no laboral para el año 2001, pero que el año 2006 se mantienen. A medida que las secuencias se hacen pendulares, aumentan la partición de caminata en sus desarrollos, siempre manteniendo el predominio del modo coche en el caso del trabajo, y transporte público en estudio. Las cadenas basadas en actividades de compras, actividades personales, sociales, de ocio, y sin destino fijo, se caracterizan por distancias, tiempos de viaje y duraciones menores, con una expansión de distancias y duración el día no laboral, manteniéndose relativamente constante el tiempo de viaje total, por un aumento de participación del modo coche, a pesar de la predominancia del modo caminata y transporte público en el año 2001, situación que cambia el año 2006, donde se observa mayor equilibrio entre los modos.

Los sistemas urbanos centrales son los que presentan bajos valores de tiempos de viajes y duraciones de las actividades, los que por otra parte no se asocian sólo al modo pie-bicicleta, sino más bien al modo transporte público, sustentado en la gran cobertura de oferta que presenta la zona central de Barcelona. La participación del transporte privado, es mayoritario en la periferia de Barcelona y los otros sistemas, producto de la restringida cobertura de transporte público, y la alta oferta de infraestructura vial de autopistas en la periferia, lo que finalmente se representa en las altas velocidades medias.

Lo anterior lleva a que la **funcionalidad de las distintas actividades** analizadas en la RMB, se caractericen de la siguiente forma:

1. Tanto la probabilidad funcional conjunta, como las probabilidades funcionales parciales representan de buena manera el comportamiento temporal de las personas en el desarrollo de las actividades, ratificando las diferencias presentadas en el análisis detallado de las variables, y dando la imagen global del fenómeno en la RMB tanto del año 2001 como 2006.

Las actividades condicionadas de trabajo y estudio presentan una gran expansión temporal (en tiempo de viaje y duración) el día laboral, la que se contrae relativamente el día no laboral (más en el año 2001 que 2006). Esta contracción no es de gran magnitud, dado que el trabajo y el estudio no cambian su forma de desarrollo (tanto en localización como en jornada).

Luego se identifica otra familia de actividades que presentan una mayor posibilidad de elección (localización y duración). Estas actividades son las compras y actividades personales, que si bien registran una expansión temporal el día no laboral, dichas actividades muestran, el año 2001, un comportamiento de una actividad que es necesaria, pero que no reporta gran bienestar o beneficio al desarrollarla (a mayor tiempo de viaje, visto como una mayor des-utilidad, le corresponde una mayor duración, vista como utilidad). El año 2006 la actividad de compras muestra una situación totalmente contraria, presentan un tenue pero claro comportamiento *trade-off*, entre el tiempo de acceso y la duración, entre el día laboral y no laboral (el tiempo de viaje disminuye y la duración aumenta).

Se aprecia que las actividades sociales y de ocio-recreación sí presentan un mayor bienestar en su desarrollo, por lo que se expanden significativamente sus comportamientos temporales, principalmente las duraciones, y en menor grado el tiempo de acceso. Las actividades sociales del día laboral son diferentes de las del día no laboral (acompañar a personas el día laboral, y visitar a personas en día no laboral), lo que se refleja en los comportamientos parciales y conjuntos.

2. En ambos años, las actividades presentan estructuras similares de intensidad a lo largo del día, entre el día laboral que en día no laboral. Los

valores de alta intensidad representan que muchas personas desarrollan dicha actividad en las mismas horas del día, lo que se aprecia en las actividades de trabajo y estudio, y también en menor medida de compras y actividades personales. Las actividades de baja intensidad reflejan que son actividades poco condicionadas a los horarios, y que se desarrollan a lo largo del día, es el caso de actividades sociales y de ocio-recreación en día laboral, aunque en el día no laboral se concentran en horarios de la tarde, por lo que aumenta su intensidad.

En relación a la intensidad de uso del territorio por parte de las distintas actividades, se observan pocas diferencias entre la densidad de personas y la densidad tiempo. Se aprecia una configuración espacial central continua de la actividad de trabajo, una actividad de estudio central pero con mayor dispersión, y las actividades de compras, personales, y sociales ya no con una lógica contigua al sistema de Barcelona, sino más bien potenciada en sistemas periféricos. La actividad de ocio-recreación genera densidades diferentes según variable (personas o tiempo), y también según actividad, identificándose lógicas urbanas, de parques naturales, y de borde costero.

Al analizar todas las actividades a la vez, se observa que **el ritmo de actividades** en la RMB se caracteriza por que el día laboral se presenta por la mañana con un predominio de la actividad de trabajo, seguida por la permanencia en casa, y en menor grado estudio. Las actividades de compras, personales, sociales y de ocio, presentan una participación muy baja la que se va incrementando hacia la tarde, cuando el trabajo disminuye participación. En todo caso, por la tarde la actividad predominante es la permanencia en casa.

En el día no laboral predomina la estadía en casa, disminuye significativamente la participación de trabajo, siendo superado este último por las actividades de ocio y recreación, sociales, y compras.

Los comportamientos mencionados originan valores relativamente medios de diversidad de actividades a lo largo del día. La magnitud de dicha diversidad es similar tanto el día laboral como el no laboral, y además presentan el mismo comportamiento respecto de los picos de valores altos.

La distribución espacial de la diversidad de actividades en el área de estudio muestra que los valores mayores se concentran en la zona central de Barcelona, y en puntos centrales de los restantes sistemas.

Respecto de la coexistencia espacial social, en el día laboral es la actividad de trabajo la que más concentra en el espacio a los diversos grupos sociales. La estadía en casa también presenta coexistencias relativamente medias. Pero estas coincidencias espaciales no se reflejan en el desarrollo de las restantes actividades.

Por otra parte, la **localización de las actividades**, y específicamente la estructura espacial de densidades netas de superficie construida se caracteriza por una densidad residencial que presenta un patrón de difusión desde Barcelona hacia el Vallès, y hacia Sitges. La densidad industrial conforma corredores industriales uno en el Vallès y otro en Barcelona-El Prat. La densidad de educación es periférica a Barcelona, pero acotada al entorno de municipios contiguos. Los servicios si encuentran en Barcelona una alta densidad, que se mantienen hasta los municipios contiguos. Finalmente el ocio y recreación presenta una estructura de altos valores dispersos en toda la RMB.

Por último, los modelos que relacionan la funcionalidad y la localización de actividades, muestran que:

- 1) los modelos calibrados para la densidad residencial presentan buenos comportamientos econométricos, y son bastante conservadores en el sentido de identificar a las densidades de usos de compras y servicios como la variable de mayor peso en la explicación. Lo nuevo que presentan estos modelos es, por una parte, la incorporación de una variable funcional de la actividad retornar a casa, lo que confirma el argumento de tensión funcional postulado en la hipótesis. Y por otra parte la estructura espacial de la misma densidad de superficie residencial, cuya participación es significativa.
- 2) Los modelos de densidad de superficie industrial incluyen variables que no son tradicionales en las teorías de localización industrial. La combinación de densidades funcionales (personas y tiempo) con duración de la actividad resulta ser lógica y genera una plataforma analítica coherente con las nuevas prácticas de productividad y eficiencia en la industria (política de turnos, etc.). Se verifica entonces que en el patrón espacial de la densidad de superficie industrial, la funcionalidad tanto individual como agregada, resultan ser altamente explicativas. Dentro de estas últimas, la duración de la actividad trabajo en términos absolutos tiene un peso levemente mayor que la probabilidad conjunta. Pero esta última resulta ser más integral en el sentido que adicionalmente considera el tiempo de acceso (dimensión que no se incluye en la duración absoluta), aunque es necesario recordar que la probabilidad conjunta de trabajo está fuertemente condicionada por la duración, más que por el tiempo de viaje.
- 3) Los modelos de densidad de educación incluyen variables que responde a la lógica conservadora del uso tradicionalmente asociado (residencia), y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas y tiempo (y no a variables de funcionalidad individual). En este caso la individualidad está presente de manera agregada en la explicación de la densidad de superficie construida. Lo interesante de los resultados es que en la explicación se incorporan dos dimensiones, la primera se refiere a la aglomeración en relación a la residencia (que puede ser vista como una demanda potencial), pero que no es más explicativa que las variables funcionales de las densidades tanto de personas como de tiempo (que pueden ser vistas como una demanda real). Ambas dimensiones se complementan en el logro del significativo ajuste que se alcanza, ya antes del efecto espacial (que en este caso no es tan significativo).
- 4) Los modelos de densidad de superficie comercial incluyen variables que, al igual que el modelo de educación, responde a la lógica conservadora del uso tradicionalmente asociado (residencia), y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas y tiempo (y no a variables de funcionalidad individual). Nuevamente lo interesante de los resultados, al igual que en el modelo de educación, es que en la explicación se incorporan dos dimensiones, la primera se refiere a una demanda potencial representada en su uso asociado (que es mayoritaria en la explicación del fenómeno), y la demanda real, representada en las densidades tanto de personas como de tiempo.
- 5) Los modelos de densidad de superficie de servicios incluyen nuevamente variables que responden a la lógica conservadora de la economía de aglomeración con la densidad de actividades de ocio-recreación, y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas

y tiempo, y también a la duración de las actividades personas que en ella se desarrollan.

- 6) Finalmente los modelos de densidad de superficie de actividades de ocio y recreación incluyen variables que nuevamente responden a la lógica de asociación de usos (servicios), y al nuevo enfoque de funcionalidad, pero referido a la densidad agregada de personas y tiempo (y no a variables de funcionalidad individual). El peso explicativo se reparte similarmente entre estas variables, siendo mayor el peso de la densidad de servicios. Y como en los modelos anteriores, lo interesante sigue siendo la dualidad entre demanda potencial y demanda real, en este caso equiparadas en poder explicativo. Ambas dimensiones se complementan, a lo que se suma el efecto espacial (que es significativo), para lograr un ajuste medio.

### 5.1.3 Respecto de la metodología desarrollada

Si bien la metodología desarrollada en la tesis es una secuencia de procedimientos específicos, tendientes a lograr los objetivos planteados, las distintas etapas se pueden analizar de forma parcial e integrada.

La metodología de procesamiento de la información de viajes, para poder caracterizar la funcionalidad urbana, resultó ser muy exhaustiva y rigurosa en la validación de información. Esto por una parte es ventajoso en el sentido que la información resultante es coherente en sí misma, pero por otra parte genera una pérdida de gran cantidad de información (por ejemplo una cadena completa), por pequeños problemas en alguna secuencia de actividad (reflejada por los viajes en la base de datos). Esta situación condiciona otro factor muy importante en las etapas posteriores que es la representatividad estadística espacial de la encuesta validada.

En el mismo sentido anterior hay que mencionar que estos problemas no los presenta la utilización de la encuesta para análisis de transporte (flujos), dado que en sí la información de flujo es integradora de la encuesta, por lo que la pérdida de algunos pares origen-destino no originan la pérdida de los otros viajes de la personas, situación que finalmente al agregarse los flujos, no afectan significativamente los resultados.

Una vez validada la información, la metodología desarrollada de análisis espacio-temporal resultó ser novedosa, y una buena forma de medir y caracterizar la funcionalidad diaria de los habitantes de la ciudad. Los índices sintéticos de caracterización logran mostrar las dinámicas temporales de las distintas actividades. El único efecto negativo de esta metodología es que “explota” la base original, generando mucha información derivada, ya que el viaje único en la base original genera información para cada hora consultada, con lo que se obtienen bases de datos de gran magnitud, que obliga el diseño de procedimientos de consulta y cuantificación eficientes.

El potencial uso que tienen los productos de la aplicación de la metodología de cuantificación de la funcionalidad urbana es variado y multidisciplinario.

Respecto de la metodología de caracterización de estructura urbana, no hay grandes cuestionamientos en esta tesis, dado que su objetivo no era ese. En todo caso, y como se mencionó en el estado del arte, llama la atención la separación entre los métodos de detección de estructura, y los grandes desarrollos en modelamiento de ciudades. Un simple ejemplo de esto se refiere a la consideración de empleos totales, en contraposición a los modelos que diferencia varias actividades.



Finalmente la metodología de verificación de la hipótesis, a través de modelos econométricos explicativos, es ad-hoc a los objetivos perseguidos.

Los productos obtenidos del desarrollo de la investigación, conforman una interesante base conceptual y de información para plantear un modelo dinámico de comportamiento de personas en la ciudad, con el fin de simular efectos en cambios en los patrones de comportamiento, con fines múltiples (por ejemplo planeamiento, geo-marketing, sustentabilidad social, vulnerabilidad y riesgo, etc.).

#### 5.1.4 Respetto de las fuentes de información utilizada

La información resultó ser un factor determinante en el diseño y aplicación de la metodología de investigación. Las distintas fuentes de información recopiladas y analizadas, dieron paso a las cuatro fuentes finalmente utilizadas. Para cada una de estas, producto de su manipulación, se pueden plantear aspectos claves a tener en cuenta.

##### Encuestas de movilidad cotidiana de la RMB 2001 y 2006

- Como ya se mencionó antes, unos de los aspectos determinantes del estudio es la representación estadística espacial en el área de estudio, la que se ve fuertemente condicionada por el proceso de validación de información. En este caso, ambas encuestas fueron construidas en base a esta condición.
- Un requerimiento obligado para desarrollar el análisis es que la encuesta recoja el diario de viajes de la población, condición que cumplen ambas encuestas.
- El gran problema con las encuestas utilizadas, es lo que se comentó en el apartado metodológico del capítulo III, en el sentido que las encuestas no son comparables entre sí, dado las significativas variaciones de sus cantidades absolutas (aumento de un 120 % en los totales de viajes, en el período 2001-2006). Esto condicionó los análisis, evitando los indicadores de valores absolutos, y prefiriendo los indicadores relativos. También se tuvo resguardo en las potenciales comparaciones y conclusiones al respecto.
- En relación a otro aspecto, del trabajo realizado no se tiene claro la bondad de un método sobre otro, en lo que se refiere a registrar la duración de la actividad (la EMQ 2001 registra horas de inicio y término de los viajes, mientras que la EMQ 2006 consulta directamente duración). Lo que sí se puede plantear es el sesgo semántico de la pregunta, en el sentido que las respuestas se concentran en valores múltiples de cinco y en ciclos de 15 y 30 minutos, situación que condiciona cualquier análisis de resolución temporal menor.
- De los resultados obtenidos se puede plantear que el tratamiento del propósito trabajo en ambas encuestas es muy general, en el sentido que no permite diferenciar el trabajo según la actividad que se desarrolla (trabajo en comercios, o en servicios, o etc.). Por esta razón los modelos explicativos de densidades de superficie de actividades no recogieron estas variables.
- Dicho todo lo anterior, finalmente se puede decir que es necesario construir un instrumento nuevo, referido a una encuesta de actividades cotidianas, con las particularidades y bondades de la encuesta de viajes, pero resolviendo de mejor forma la información asociada a las actividades, en tiempo y espacio. Si bien no se les puede exigir demasiado a las encuestas de viajes, ya que cumplen otros objetivos, siguen siendo el mejor instrumento disponible en la actualidad para desarrollar estudios de funcionalidad urbana.

#### Catastro de bienes inmuebles de la RMB 2008

- La mayor ventaja de esta base de información es que permitió tener información coherente de actividades a escalas espaciales menores que municipio en la RMB, cosa que no logra ni el censo ni otros tipos de fuente de información.
- El gran problema que presenta, ya no la base, sino que el procedimiento que se realiza, tiene que ver con la conformación de los escenarios temporales anteriores, en el sentido que no se tiene el registro de las superficies destruidas para dar paso a obras nuevas, o los cambios de uso.

#### Cobertura de suelo artificializado CREAM 2001 y 2006.

- Esta base de datos, producto de requerimientos de otros estudios, no presentó grandes problemas, dado que su utilización se enfocó en el cálculo de las distintas densidades territoriales.

#### Coberturas cartográficas de zonificación y red vial

- Tanto las coberturas de zonas administrativas, que posteriormente generaron la zonificación del estudio, como la red vial de interacción (que se utilizó en el cálculo de las distancias entre zonas de transporte), no generaron mayores problemas para el desarrollo de la investigación.
- Una situación particular es necesario mencionar, tuvo que ver con la codificación de la encuesta EMQ 2006, en donde las zonas que correspondían a un solo municipio presentaban códigos distintos entre las coberturas (o diccionarios entregados por la ATM), y los códigos en la base de viajes. Esta situación originó que los cálculos se tuviese que rehacer en varias ocasiones.

En este punto es necesario destacar la base de información que se construyó para la RMB, y que tiene que ver con la distribución espacial de todas las variables funcionales construidas por actividad, tipos de día, y grupo socioeconómico. Si bien en un principio se veía como un problema dicha explosión de la base de datos original, finalmente es un nuevo conocimiento de la RMB que queda disponible para otras investigaciones.

#### 5.1.5 Comentarios finales

A lo largo del desarrollo de la investigación se obtuvieron distintos resultados que fueron develando el comportamiento de los patrones de funcionalidad, tanto de las personas como de las actividades, para luego conformar el denominado ritmo urbano de Barcelona.

En la medida que surgían los resultados se fueron presentando distintos tipos de hallazgos, independientes de los relacionados a la verificación de la hipótesis de investigación, que mostraron interesantes novedades en los comportamientos, que generaron potenciales preguntas de investigación. Algunas de estas preguntas dan pie a las líneas de desarrollo que se exponen en el siguiente apartado.

Los principales hallazgos antes mencionados se pueden resumir en cuatro puntos:

- El primer resultado relativamente inesperado se refiere a la fuerte pendularidad de las cadenas de actividades, con el hogar como lanzadera. A lo anterior se suma el hecho de haber detectado una leve tendencia de pasar de cadenas uni-funcionales a multifuncionales (variadas actividades), pero manteniendo la característica pendular hacia el hogar. Este

comportamiento se podría explicar por la existencia de estructuras compactas de acceso (temporal) a actividades, las que permitirían un alto nivel de movilidad, sin disminuir los tiempos disponibles para el desarrollo de las distintas actividades.

Pero dicha compacidad temporal puede surgir de una compacidad locativa de las actividades (física), o de una relativa dispersión física de las actividades, asociada a una buena cobertura de medios de transporte. Ambas situaciones se presentan en la RMB, la primera asociada a subcentros periféricos de Barcelona, y la segunda al plano de Barcelona. Es decir, Barcelona tendría una estructura física policéntrica, pero de compacidad temporal del acceso.

Lo anterior sería una novedad, en el sentido que tradicionalmente se asocia un alto nivel de movilidad a estructuras urbanas espacialmente dispersas, siendo este uno de sus principales factores de generación de externalidades ambientales y sociales.

Surge la duda de cómo debe ser la funcionalidad de las cadenas de viajes en ciudades extensas, continuas, y de baja densidad, como es el común de las grandes áreas metropolitanas latinoamericanas.

- Otro resultado muy importante de destacar es que el comportamiento de las personas diferencia el tiempo de viaje según la actividad que se desarrollará, es decir, presentan elasticidades diferenciadas por actividad. Esto va en contra del tradicional enfoque de evaluación de proyectos de transporte, en donde la disminución del tiempo genera un beneficio constante, o en algunos casos diferenciado por nivel socioeconómico, representado por el valor económico del tiempo.

La probabilidad funcional del tiempo de viaje demuestra que, por ejemplo, la disminución de 5 minutos del tiempo de viaje, no genera los mismos efectos en un viaje de 50 minutos, que en uno de 25 minutos, y tampoco es lo mismo para acceder a estudio, que para acceder a compras. Es este comportamiento de la población, el que se puede interpretar en términos de utilidad diferenciada por actividad, lo que revela que el valor del tiempo no tiene un efecto de variación lineal.

Así, el considerar un tiempo único como un umbral social de inequidad, incurre en el error de subestimar o sobreestimar las situaciones de inequidad para las distintas actividades.

- Otro resultado destacable es la relación no lineal entre el tiempo total de viaje y la duración total de las actividades de las cadenas. La relación detectada presenta un comportamiento creciente y luego decreciente, dada la restricción impuesta por el tiempo total disponible.

Si bien era esperable un condicionamiento de tiempo de viaje y duración, dada la restricción del tiempo total, no se esperaba este comportamiento (de geometría cuadrática). Dicho comportamiento indica que existe un máximo en la duración total de las actividades, que no se asocia al menor tiempo de viaje. Lo anterior quiere decir que para lograr la mayor duración total, se requiere un determinado tiempo total de viaje, por sobre o bajo el cual se generan disminuciones de la duración total de las actividades.

Lo que se podría haber esperado es que a tiempos de viajes altos, las duraciones fuesen menores. Lo inesperado es que a tiempos de viaje menor, también se den duraciones menores. Esto tiene directa relación con la estructura espacial de las actividades (residenciales y económicas), que obligan a un cierto nivel de movilidad para acceder a las actividades, en el contexto de una cadena de actividades cotidianas.

- Finalmente, en relación a las cadenas de viajes basadas en actividades de alto posibilidad de elección (distintas de trabajo y educación), es destacable el hecho que el tiempo de viaje se mantenga relativamente constante entre día laboral y no laboral, en el entendido que el día laboral dichas actividades están más condicionadas por el trabajo y el estudio, cosa que no ocurre el día no laboral. Pero en este caso, el tiempo de viaje se mantiene relativamente constante, pues se genera una reconfiguración de los modos de viaje elegido, lo que produce una expansión espacial de la cadena de actividades (territorios visitados).

En contraposición a lo anterior, las actividades ocupacionales (trabajo y estudio), presentan una contracción generalizada de distancias, tiempos, y duraciones en el día no laboral respecto del día laboral.

Dicho lo anterior, las actividades sociales presentarían una regularidad funcional temporal, con distintas configuraciones espaciales, dependiendo estas del día analizado, y de los modos de transporte disponibles.

A modo de comentarios finales, el autor cree sinceramente que el trabajo desarrollado cumplió con los objetivos planteados, relacionados con la respuesta a la problemática de investigación que la generó, verificando (en este caso) la hipótesis de investigación planteada.

Por otra parte, el desarrollo de la tesis generó una serie de propuestas conceptuales, metodológicos, y de información, que no resultan ser ni menores ni triviales, siendo estos los que potencian las nuevas líneas de investigación que se presentan a continuación, u otras que se pueda plantear el lector.

## V.2- LÍNEAS DE DESARROLLO

Las líneas de investigación que surgen de los resultados de la presente tesis, se pueden ordenar en dos grupos. La primera es una línea, que si bien no se presentó formalmente en la tesis, ya tiene un desarrollo preliminar. Las segundas corresponden más bien a preguntas de investigación, que para el autor resultan ser interesantes de desarrollar en el futuro. A continuación se presentan ambos grupos.

### 5.2.1 Línea de desarrollo ya comenzada

Una de las líneas que ya tiene desarrollo, y que es un producto directo de la metodología desarrollada para la tesis, es el análisis bajo un enfoque social y de actividad de corredores de transporte. El trabajo desarrollado en esta línea se publicó como un capítulo del libro *"The Sustainable World"* (WIT Press, 2011), con el título *"The use of the city in space and time as a new social approach for the prioritising transport corridors in the metropolitan area of Barcelona (Spain)"* (Cerdeja y Marmolejo, 2011), y ha sido aceptado para ser publicado en la revista de Transporte y territorio, de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

El trabajo desarrollado plantea la problemática que la evaluación tradicional de proyectos de transporte considera principalmente los beneficios producidos por la reducción del tiempo de viaje de los viajeros. Pero una reducción específica de tiempo no es lo mismo para un viaje de una hora de duración, que para uno de 20 minutos. Y tampoco es lo mismo para un viaje relacionado con el trabajo, que para un viaje de compras.

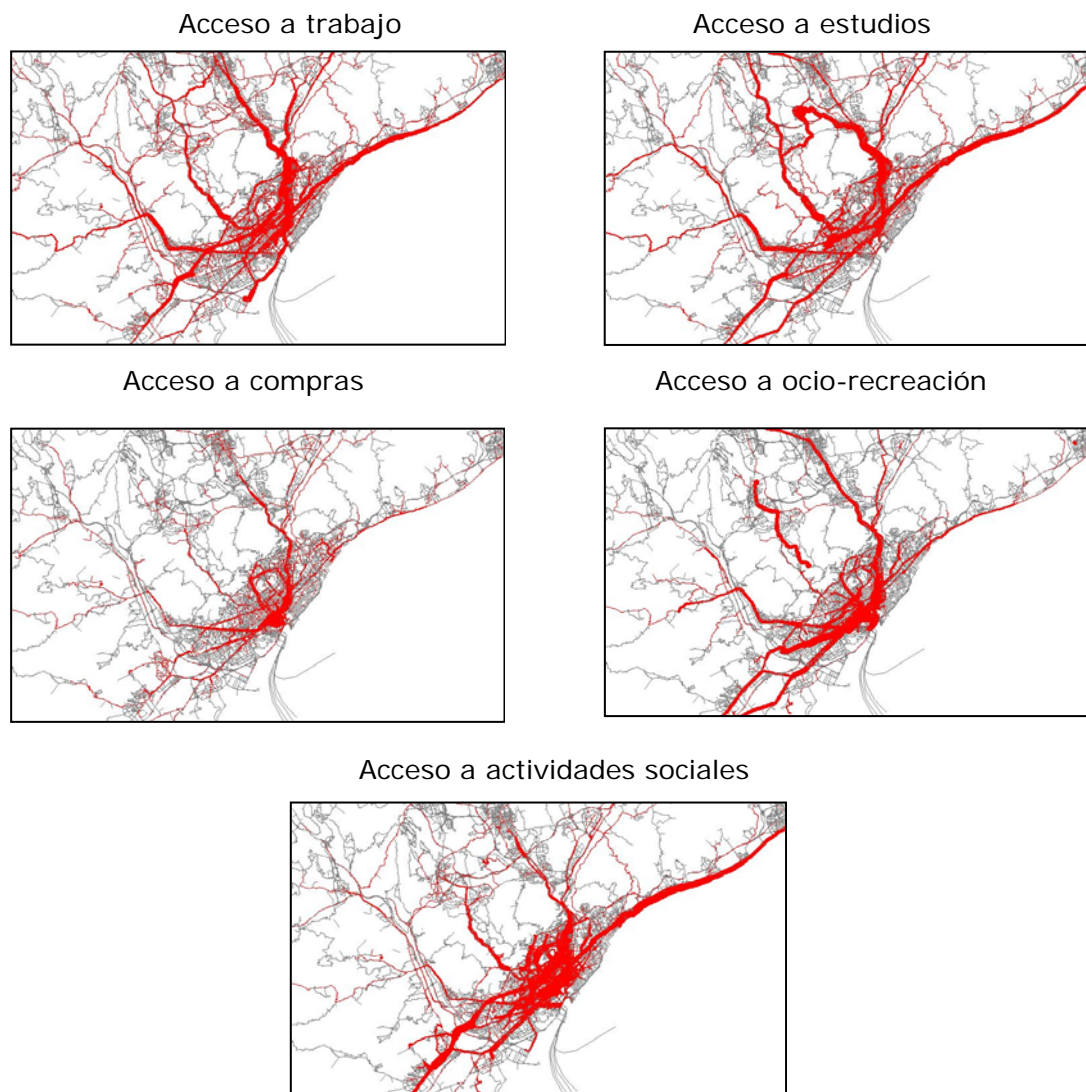
El objetivo del trabajo fue la construcción de un método de cuantificación del comportamiento social en el uso de la ciudad (en el espacio y el tiempo), lo que más tarde se denominó funcionalidad urbana, pero específicamente el patrón de viajes en el tiempo. Lo anterior se utilizó para dar prioridad a diferentes corredores de transporte en el Área Metropolitana de Barcelona, bajo un enfoque de equidad social en el tiempo de viaje. Para esto se utilizó la probabilidad funcional del tiempo de acceso para identificar valores estadísticamente altos, como un factor de equidad social en el acceso a actividades en la ciudad. El umbral utilizado para detectar estos viajes fue el percentil 90%, distinto según propósito del viaje y grupo social de los viajeros.

Dado que desplazarse es una actividad más en el ritmo diario de la ciudad, con la base de secuencia de actividades se construyó el ritmo diario de flujos de las persona en la ciudad, que corresponde a la espacialización de dicha actividad. Dado que cada viaje tiene su origen y destino, se obtiene una matriz de distribución de viajes. El enfoque en este punto es similar a los actuales métodos de asignación dinámica de viajes, con la diferencia de que las matrices no son de un período de tiempo, sino más bien instantáneas para cada media hora del día, y por actividad. El resultado de este procesamiento son matrices de distribución de viajes, por actividad (propósito del viaje), para distintas horas del día. Estas matrices se asignan a la red de transporte en base a un modelo del tipo "todo o nada" sin restricción de capacidad. La idea de este proceso es identificar corredores estructurales por actividad, y no el aplicar un modelo formal de asignación clásico. Finalmente se obtienen flujos temporales (distintas horas del día) por actividad, en la red estructural del área metropolitana.

Este procedimiento se aplica para los viajes socialmente inequitativos detectados con el umbral antes mencionado.

La figura V.1 muestra los resultados del proceso de asignación de la matriz total día, por actividad, en día laboral, de viajes socialmente inequitativos.

**Figura V.1.-** Especialización de corredores con base en viajes socialmente inequitativos de acceso a trabajo, compras, estudio, ocio-recreación, y actividades sociales, en Barcelona 2001



Fuente: Elaboración propia

La asignación de estos viajes determinó distintas jerarquías y especializaciones (espaciales) de corredores específicos. Para un corredor específico se puede obtener un perfil de especialización que indica el beneficio social potencial de una inversión en infraestructura o servicios, en términos de reducción de tiempos del viaje de acceso a diferentes actividades en la ciudad, y no sólo para arcos específicos de la red.

La principal conclusión de la investigación fue que la una visión social de los viajeros, con respecto a sus diferentes propósitos y grupo social, en la forma de cómo usan la ciudad en términos de espacio y tiempo, es un criterio más realista para dar prioridad a diferentes corredores de transporte, llevando a cabo el análisis de quién hace uso de ellos, porque razón, y por cuánto tiempo.

### 5.2.2 Líneas de investigación por desarrollar

- Modelación del comportamiento funcional de ciudades

Como se planteó en las conclusiones, lo que no ha sido demostrado en esta tesis es lo referente a que estructuras espaciales de las actividades serán generadas dados distintos patrones de probabilidad funcional.

Para esto, los productos obtenidos del desarrollo de la investigación, conforman una interesante base conceptual y de información para plantear un modelo dinámico de comportamiento de personas en la ciudad, con el fin de simular efectos en cambios en los patrones de comportamiento en la estructura locativa de las actividades.

A priori se puede plantear un enfoque iterativo (del tipo desarrollado en el modelo de Lowry), que a partir de una localización determinada de densidad residencial, se calcula la distribución potencial de los servicios y empleos, que a su vez permita recalcular la densidad potencial residencial, y así sucesivamente, hasta que se logre, en su caso,) una convergencia en la estructura locacional de las actividades.

El modelo así construido estaría en la línea de los actuales modelos de simulación, que además permitiría la interacción con los actuales modelos de simulación de tráfico, conformando así un modelo de simulación de ciudades.

- Estudio comparativo de la funcionalidad urbana en varias ciudades

Con base en estudios anteriores, y con los resultados de esta tesis, se puede plantear una hipótesis de investigación respecto que en ciudades relativamente compactas, la estructuración espacial de las densidades es determinada indistintamente por tiempos, distancias, y/o probabilidades funcionales, debido a que tanto tiempos como distancias están en los rangos probables de la disposición a viajar de los habitantes. Pero en cambio en ciudades extensas, es solo la probabilidad funcional del territorio la que permite su explicación, dejando de ser explicativos tanto la distancia como el tiempo. Lo anterior debido a que los umbrales de disposición a viajar de distancias y tiempos se han superado, por lo que se conforma una geometría funcional y no física/temporal, es decir, la disposición de viaje de los usuarios condiciona la interacción y la localización.

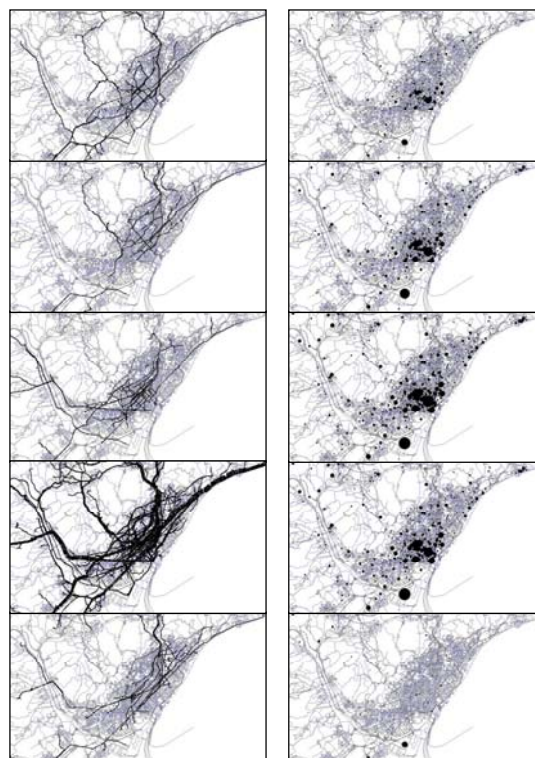
Para verificar la anterior hipótesis, se requiere aplicar la metodología en más ciudades. Para esto actualmente se cuenta con información disponible de ciudades latinoamericanas como Santiago de Chile (con dos encuestas de viajes 1991 y 2001), y Bogotá en Colombia (con encuesta 2005).

- Del cuerpo humano al cuerpo urbano

Esta idea de investigación surgió a lo largo del desarrollo de esta tesis, y es la que más inquieta al autor en términos de desarrollo.

Del análisis de las imágenes presentadas en la figura V.2 surge la idea de investigar a la ciudad como un cuerpo, compuesto de distintos órganos interrelacionados entre sí. A continuación se presentan una serie de divagaciones conceptuales en post de estructurar dicho problema de investigación.

**Figura V.2.-** Evolución diaria de la intensidad media de actividades y de flujos hacia dichas actividades en el área metropolitana de Barcelona 2001



Fuente: Elaboración propia

La ciudad es un órgano vivo compuesto por una serie de órganos con distintas funciones. Los órganos son estructuras cuyas funciones se desarrollan en la ciudad en territorios específicos y no excluyentes (compartidos). Las funciones son desarrolladas por actividades, cuya lógica la determinan procesos productivos, de servicio, y de gestión, y cuya operatividad real está condicionada por una interface humana (necesaria) que sirve o permite el funcionamiento de la actividad, y se conoce como el trabajador. Las actividades u órganos se relacionan con otros órganos a través de elementos de contacto, o elementos de transporte, que fluyen a través de arterias y venas (ida o vuelta).

Se puede decir que el corazón del cuerpo es el que imprime movilidad a los elementos de contacto, para hacer factible el funcionamiento de la actividad (el beneficio de la misma). La fuerza impulsora del corazón se puede relacionar con el potencial económico de personas y actividades para moverse, gozar, o aprovechar las funciones de la ciudad (concepto de motilidad). El efecto de las funciones puede ser psicológico, económico, físico, etc.

Existe una dimensión fractal entre el cuerpo humano, y el cuerpo urbano. Los efectos químicos, y fisiológicos se reemplazan por los efectos psicológicos, económicos, de capital humano, etc. Algunas preguntas surgen en este tema y se refieren a;

¿Si existe similaridad y/o fractalidad entre el cuerpo humano y el cuerpo urbano?

¿Son los tiempos de circulación sanguínea similares a los tiempos de circulación urbana?

¿Es la sangre un órgano?

¿Cuál sería el cerebro del cuerpo urbano?



¿Es la residencia un órgano tipo matriz (placenta, piel), y los demás órganos de estructuras dispersas, concentradas, etc.?

¿La necrotización del órgano, la arterioesclerosis, el infarto, la presión arterial, tienen símil e interpretación en el cuerpo de la ciudad?

Para conformar la imagen orgánica de la ciudad, primero es necesario ver cómo funciona la ciudad, cuales son los elementos de contacto entre los órganos. Luego es necesario ver cómo funciona el órgano (cómo la restricción de acoplamiento y de autoridad de Hägerstrand otorgan el ritmo de funcionamiento del órgano). Finalmente analizar la huella social en la ciudad, en sus órganos, venas-arterias, que puede ser física y/o económica para la actividad, pero en la población es psicológica, económica, de formación de capital, y claramente sentimental.

- Otras aplicaciones

Aplicaciones del enfoque desarrollado por la tesis, y de sus métodos han sido incorporados en propuesta de estudios de investigación de fondos europeos, y específicamente en estudios de gestión epidemiológica de desastres naturales (7PM Cooperation-Environet), en estudios de análisis de accesibilidad de modos no mecanizados de transporte (7PM Cooperation, transport), y en estudio de sistema de ciudades intermedias (ESPON). Lamentablemente estos estudios no han obtenido el financiamiento para su desarrollo, pero lo más importante han sido los comentarios de los pares evaluadores, indicando lo novedoso de la aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAMSON, P. (2004) Liquid Modernity: Bauman on Contemporary Welfare Society. *Acta Sociologica* Vol. 47, No. 2, pp. 171-179.
- AGUIAR, M.; HURST, E.; KARABARBOUNIS, L. (2011) Time Use During Recessions. Cambridge, Massachusetts, USA: NBER Working Paper 17259. Disponible en: <http://www.nber.org/papers/w17259>
- ALGERS, S.; ELIASSON, J.; MATTSSON, L. (2005) Is it time to use activity-based urban transport models? A discussion of planning needs and modelling possibilities. *Annals of Regional Science*, vol 39, pp.767-789
- ALONSO, W. (1964) *Location and land use. Toward a general theory of land rent*. Harvard university press, Cambridge. Massachussetts.
- ALT, H.; EFRAT, A.; ROTE, G.; WENK, C. (2003) Matching planar maps. *Journal of Algorithms* 49 (2), 262-283.
- ANAS, A.; ARNOTT, R.; SMALL, K. (1998) Urban spatial structure. *Journal of economics literature*, 36, pp. 1426-1464.
- ANDERSON, N. & BOGART, W. (2001) The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas. *Journal of Economics and Sociology*, nº 60, p. 147-169.
- ANTONOPOULOS, R. & MEMIS, E. (2010) Time and Poverty from a Developing Country Perspective. Levy Economic Institute, Working Paper No. 600. Disponible en: <http://www.levyinstitute.org/publications/?docid=1268>).
- AMB, Área Metropolitana de Barcelona (2003) *El territorio metropolitano de Barcelona. Datos básicos, evolución reciente y perspectivas*. ISBN B-24.331-2003.
- ARENTZE, T., TIMMERMANS, H. (2008) Data Needs, Data Collection, and Data Quality Requirements of Activity-Based Transport Demand Models. Resource paper, Workshop on modelers' needs. Disponible en: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec008/workshop\\_j.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec008/workshop_j.pdf)
- ASCHER, F. (2000) Ces övönements nous döpassent, feignons d'en être les organisateurs. L'Aube, La Tour d'Aigues.
- AUGE, M. (1995) Non-Places. Introduction to an Anthropology of Supermodernity. London: Verso.
- BAILLY, J.-P. & HEURGON, E. (2001) Nouveaux rythmes urbains: quels transports? L'Aube, La Tour d'aigües
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO BID (2006) Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte, Washington D.C., pp. 188. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1037792>
- BÆRENHOLDT, J. & GRANÅS, B. (2008) *Mobility and Place, Enacting Northern European Peripheries*. Roskilde University, Denmark. P 272. ISBN: 978-0-7546-7141
- BASSAND, M.; BRULHARDT, M-C.; HAINARD, F.; SCHULER, M. (1985) *Les suisses entre la mobilité et la sédentarité*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- BAUMAN, Z. (2000) *Liquid modernity*. Polity Press, Cambridge.

BECATTINI, G. (1988) Alcune Considerazioni sul Concetto di Distretto Industriale. INSTITUT D'ESTUDIS METROPOLITANS BARCELONA

BEN-AKIVA, M., and LERMAN, S.R., (1979) Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility. En: *Behavioural Travel Modelling* (eds) D. Hensher and P. Stopher, Croom-Helm, London, pp 654-679

BERRY, B. J. (1976): *Urbanization and Counterurbanization*. Nueva York: Arnold.

BERTAUD, A. (2002) The spatial organization of cities: Deliberate outcome or unforeseen consequence? World Development Report 2003, Dynamic Development in a Sustainable World, Background paper.

BHAT, CR. (1999), A retrospective and prospective survey of time-use research. *Transportation*, 26, pp. 119-139

BHAT, C.R. (1996). A hazard-based duration model of shopping activity with nonparametric baseline specification and nonparametric control for unobserved heterogeneity. *Transportation Research*, 30B, 3, 189-207

BHAT, C.; HANDY, S.; KOCKELMAN, K.; MAHMASSANI, H.; CHEN, Q.; WESTON, L. (2000) Development of an urban accessibility index: Literature review. Research Project conducted for the Texas department of transportation. University of Texas, Austin, TX: Center for Transportation Research.

BLAU, P. & DUNCAN, O. (1967) *The American occupational structure*. Wiley, New York.

BOGART, W. & FERRY, W. (1999) Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City. *Urban Studies*, nº 36, p. 2099-2110.

BONKE, J. & FALLESEN, P. (2010) The impact of incentives and interview methods on response quantity and quality in diary - and booklet-based surveys (91-101). *Survey Research Methods*, 4(2). Disponible en <http://w4.ub.uni-konstanz.de/srm/issue/view/92>

BOUFFARTIGUE, P. (2010) The Gender Division of Paid and Domestic Work: Some Remarks in Favour of a Temporal Perspective. *Time & Society*, 19(2), pp. 220-238. Disponible en <http://tas.sagepub.com/content/current>.

BOURDIN, A. (2003) Workshop 4: Hypermodern individuals? International Colloquium "The sense of movement. Modernity and mobilities in contemporary urban societies" organised by IVM, Centre culturel international de Cerisy-la-Salle, Paris, France, Institute pour la ville en mouvement.

BOURNE, Larry. (1989) Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas. *The Canadian Geographer*, nº 4, pp. 312-328.

BRAKATSOULAS, S.; PFOSE, D.; SALAS, R.; WENK, C., (2005) On map-matching vehicle tracking data. En: Proceedings of the 31st International Conference on Very Large Data Bases, Trondheim, Norway, pp. 853-864.

BROCKMANN, D.; DAVID, V.; MORALES, A. (2009) Human Mobility and Spatial Disease Dynamics. En: Diffusion Fundamentals III, C. Chmelik, N. Kanellopoulos, J. Kärger, D. Theodorou (Editors), Leipziger Universitätsverlag, Leipzig.

BROCKMANN, D.; HUFNAGEL, L.; GEISEL, T. (2006) The scaling laws of human travel. *Nature, Letters* vol 439. Doi: 10.1038/nature04292.

BULIUNG, R. & KANAROGLOU, P. (2006) A GIS toolkit for exploring geographies of household activity/travel behaviour. *Journal of Transport Geography* 14 (1), pp. 35- 51.

BURNS, M.; MOIX, M.; ROCA, J. (2001) Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions. Presentado en *Eighth European Estate Society Conference*. Junio 26-29, Alicante, España.

CAMAGNI, R.; GIBELL, M.C.; RIGAMONTI, P. (2002) Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different pattern of urban expansion. *Ecological Economics*, n 40, pp.199-216.

CAMAGNI, R & SALONE, C. (1993) Networks urban structures in northern Italy: Elements for a theoretical framework. *Urban Studies*, n 30, pp. 1053-1064.

CAMPORESE, R. (2011) Where am I? What if we had location aware TUS data?. Presentación en IATUR International Association Time Use Research Conference – Oxford 1-3 August.

CASTELLS, M. (1996) *The Information Age: Economy, Society and Culture. vol. 1: The Rise of the Network Society*. Oxford: Blackwell.

CEBOLLADA, A. (2009) Mobility and labour market exclusion in the Barcelona Metropolitan Region. *Journal of transport geography*, 17, pp. 226-233.

CERDA, J. (1993) Estudio de apoyo a la gestión de optimización del trazado Metro Línea 5. Trabajo para optar al título de Ingeniero Civil en Geografía. Universidad de Santiago de Chile, pp. 143.

CERDA, J. (2001) Patrones de localización y comportamiento del mercado en la industria supermercadista: Santiago 1958-1999. Tesis para optar al grado de Magister en Desarrollo Urbano. Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 127.

CERDA, J. (2007) La expansión urbana discontinua analizada desde el enfoque de accesibilidad territorial: aplicación a Santiago de Chile. Tesis para optar al grado de Master oficial en Gestión y Valoración Urbana, Universidad Politécnica de Cataluña, España. pp. 105. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/11616>

CERDA, J. & MARMOLEJO, C. (2010) De la accesibilidad a la funcionalidad del territorio: una nueva dimensión para entender la estructura urbano residencial de las áreas metropolitanas de Santiago (Chile) y Barcelona (España). *Revista de Geografía, Norte Grande*. [online], N° 46, pp 5-27. ISSN 0718-3402 versión en línea, ISSN 0379-8682 versión impresa, doi: 10.4067/S0718-34022010000200001. Disponible en: [http://www.geo.puc.cl/html/revista/PDF/RGNG\\_N46/art01.pdf](http://www.geo.puc.cl/html/revista/PDF/RGNG_N46/art01.pdf)

CERDA, J. & MARMOLEJO, C. (2011) The use of the city in space and time as a new social approach for the prioritising transport corridors in the metropolitan area of Barcelona (Spain). En: BREBIA, C.A. *The Sustainable World*. Southampton, UK. ISBN 978-1-84564-504-5, WIT Press, 2011, pp. 459-468.

CERDA, J.; PÉREZ, C.; MARMOLEJO, C. (2012) Impacto de las grandes actuaciones urbanísticas y de proyectos de transporte en el Área Metropolitana de Barcelona. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*, núm 20, pp.199-231. ISSN 1886-4805. Disponible en: [http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles\\_n20/articles\\_PDF/ACE\\_20\\_SN\\_40.pdf](http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n20/articles_PDF/ACE_20_SN_40.pdf)

CERVERO, R. (2010) *Mobility, Place-making, and Economic Competitiveness*. University of California, Berkeley

CERVERO, R. & WU, K. (1997) Polycentrims, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning A*, n° 29, pp. 865-886.

CHEN, L.; ÖZSU, M.; ORIA, V. (2005) Robust and fast similarity search for moving object trajectories. In: *Proceedings of the 2005 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, Baltimore, Maryland, pp. 491–502.

CHURCH, A.; FROST, M.; SULLIVAN, K. (2000) Transport and social exclusion in London. *Transport Policy*, 7, pp. 195-205.

COLLINS, D. (2005) Identity, Mobility, and Urban Place-Making: Exploring Gay Life in Manila. *Gender and Society*, vol. 19, No. 2, pp. 180-198.

CRAIG, L. & MULLAN, K. (2011) Lone and Couple Mothers' Childcare Time Within Context in Four Countries. *European Sociological Review*. Disponible en <http://esr.oxfordjournals.org/content/early/2011/02/28/esr.jcr013.full.pdf+html>

CRAIG, L. & POWELL, A. (2011) Nonstandard Work Schedules, Work-Family Balance and the Gendered Division of Childcare. *Work, Employment & Society* 25(2), pp. 274-291.

CRAIG, S. & NG, P. (2001) Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area. *Journal of Urban Economics*, nº 49, pp. 100-120.

COOMBES, M. & OPENSHAW, S. (1982) The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments. *Regional Studies*, nº 16, pp. 141-149.

CRESSWELL, T. (2001) Introduction: Theorizing Place. In G. Verstraet and T. Cresswell (eds.) *Intersecting: Place, Sex and Race. Mobilizing Place, Placing Mobility: The Politics of Representation in a Globalized World* Amsterdam: Rodopi. pp. 11-32

CULLEN, I. & GODSON, V. (1975) Urban networks: the structure of activity patterns. *Progress in Planning*, 4, 1, pp. 93-96

CULLEN, I. & PHELPS, E. (1975) Diary techniques and the problem of urban life. Final research report. London

CURTIS, C. & SCHEURER, J. (2010) Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in Planning* doi:10.1016/j.progress.2010.05.001.

DELFINO, A. (2009) La metodología de uso del tiempo: sus características, limitaciones y potencialidades. *Espacio abierto* vol 18, n 2, pp. 199-218.

DE MATTOS, C. (2004) Santiago de Chile: metamorfosis bajo un nuevo impulse de modernización capitalista. En: Ediciones SUR – Libros EURE, Santiago en la globalización: ¿una nueva ciudad? Santiago. ISBN 956-208-072-2, pp. 17-44.

DHC (2001). Edinburgh New Transport Initiative. Accessibility Analysis.

ECHEÑIQUE, M. (1995). Entender la ciudad. *Eure*, 21 (64), pp. 9-23.

ERIKSON, R. & GOLDTHORPE, J. (1992) *The constant flux: a study of class mobility in industrial societies*. Clarendon Press, Oxford.

ETTEMA, D. & TIMMERMAN, H., (2007) Space-time accessibility under conditions of uncertain travel times: theory and numerical simulations. *Geographical Analysis*, 39, pp. 217-240.

ETTEMA, D.; BORGERS, A.; TIMMERMAN, H. (1993) A simulation model of activity scheduling heuristics (SMASH). *Transportation Research Record*, 1413, pp. 1-11.

EVANS, A. (1976) Economics influences on social mix. *Urban Studies*, n 13, pp.247-260.

FEATHERMAN, D.; JONES, F.; HAUSER, R. (1975) Assumptions of social mobility research in the U.S. *Social Mobility Research*, 4, pp. 329-360.

FISHER, K. (2010) An Overview of Time in Volunteering and Adult Care in the United Kingdom. Oxford, UK: Centre for Time Use Research, University of Oxford.

FLAMM, M. (2004) Comprendre le choix modal - Les déterminants des pratiques modales et des représentations individuelles des moyens de transport. PhD thesis, EPFL, Lausanne.

- GARCÍA ALMIRALL, P.; GUTIERREZ, B.; CHICOLETO, A. (2012) Hábitat para la convivencia, herramientas de análisis y evaluación urbana, Centro de Política de Suelo y Valoraciones, ISBN 978-84-8157-623-8, Barcelona 2012, pp. 23.
- GARCÍA-LÓPEZ, M. (2007) Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona. *Architecture, City & Environment*, nº 4, pp. 519-553.
- GARREAU, J. (1991) *Edge City: Life on the New Frontier*. New York: Doubleday & Company editores, p. 576.
- GÄRLING, T.; KWAN, M.; GOLLEDGE, R. (1994) Computational process modeling of household travel activity scheduling. *Transportation Research*, 25B, pp.355-364
- GEURS, K. & VAN ECK, R. (2001) Accessibility Measures: Review and Applications, RIVM Report 408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands.
- GIMÉNEZ, J. (2010) Time Use Within the Household: Household Production, Work-Life Balance and Racial Discrimination. Department of Economic Analysis. Zaragoza, Spain: University of Zaragoza.
- GIULIANO, G. & SMALL, K. (1991) Subcenters in Los Angeles Region. *Regional Science and Urban Economics*, nº 21, pp.163-182.
- GIULIANO, G. & REDFEARN, Ch. (2007) Employment concentrations in Los Angeles, 1980–2000. *Environment and Planning A*, nº 39, vol 12, pp. 2935–2957.
- GONZÁLEZ, M.; HIDALGO, C.; BARABÁSI, A. (2008) Understanding individual human mobility patterns. *Nature, Letters* vol 453. Doi:10.1038/nature06958.
- GORDON, P.; RICHARDSON, H.; WONG, H. (1986) The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles. *Environment and Planning A*, nº 18, pp. 161-173.
- GOVERNA, F. (2007) Las infraestructuras de transporte concebidas como obras territoriales. Exigencias y estrategias de territorialización. *Revista Papers*, Nº 44, pp.20-30. [online] [http://www.iermb.uab.es/htm/revistaPapers\\_numeros.asp?id=49](http://www.iermb.uab.es/htm/revistaPapers_numeros.asp?id=49). ISSN: 2013-7958
- HÄGERSTRAND, T. (1970) What about people in regional science? *Papers of the Regional Science Association*, 24 (1), pp.7–21.
- HALDEN D.; JONES, P.; WIXEY, S. (2005) Accessibility Analysis Literature Review. Working Paper 3. Disponible en [http://home.wmin.ac.uk/transport/download/SAMP\\_WP3\\_Accessibility\\_Modelling.pdf](http://home.wmin.ac.uk/transport/download/SAMP_WP3_Accessibility_Modelling.pdf)
- HALL, P. & HAY, D. (1980) *Growth Centres in the European Urban System*. Heinemann, London.
- HALL, P. & PAIN, K. (2006) *The Polycentric Metropolis : learning from mega-city regions in Europe*, London: Earthscan. ISBN-13: 978-1-84407-329-0, ISBN-10: 1-84407-329
- HANDY, S. (2002) Accessibility- vs. Mobility-enhancing strategies for addressing automobile dependence in the U.S. Trabajo presentado en el European Conference of Ministers of Transport. Disponible en [http://www.des.ucdavis.edu/faculty/handy/ECMT\\_report.pdf](http://www.des.ucdavis.edu/faculty/handy/ECMT_report.pdf).
- HANSEN, W. (1959) How accessibility shapes land use. *Journal of the American Planning Association*, 25-2, pp.73-76.
- HARVEY, A. (2009) Halifax Regional Space-Time Activity Research (STAR) Project – A GPS-Assisted Household Time-Use Survey, St. Mary's University, Halifax, Canada.

HARVEY, D. (1990) *The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change*. Oxford: Blackwell Publishers Ltd.

HEGEL, G. (1808) *Fenomenología del espíritu*.

HEIDEMAN, C. (1981) Spatial behavior studies: concepts and context. En: STOPHER et al (eds) *New horizons in travel behavior research*, pp. 289-315. Lexington, Massachussetts.

HUISMAN, O. (2006) *The Application of Time-Geographic Concepts to Urban Microprocess*. PhD Thesis, School of Geography and Environmental Science, University of Auckland, New Zealand.

HUNT, J.; KRIEGER D.; & MILLER, E. (2005) Current Operational Urban Land-use-transport Modelling Frameworks: a review. *Transport Reviews*, 25(3), pp. 329-376

JIRON, P. (2007) Unravelling invisible inequalities in the city through urban daily mobility. The case of Santiago de Chile. *Swiss Journal of Sociology*, 33(1), pp. 45-68.

KANG, H.; SCOTT, D.; DOHERTY, S. (2009) Investigation of planning priority of joint activities in household activity-scheduling process. *Journal of the Transportation Research*, board 2134, pp.82-88.

KAUFMANN, V. (2011) *Rethinking the city*. EPFL Press, Lausanne (Switzerland). ISBN 978-2-940222-47-6.

KAUFMANN, V. (2002) *Re-thinking mobility*. Ashgate, Burlington.

KAUFMANN, V.; BERGMAN, M.; JOYE, D. (2004) Motility: Mobility as Capital. *International Journal of Urban and Regional Research*, vol. 28, no. 4, pp. 745-756. Disponible en <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118779126/PDFSTART>

KHAN, M. (2000) The environmental impact of suburbanization. *Journal of Policy Analysis and management*, n 19, pp. 569-598

KRAAK, M. & HUISMAN, O. (2009) Beyond exploratory visualization of space-time paths. En: Miller, H.J., Han, J.W. (Eds.), *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*, second ed. CRC Press, Boca Raton/London/New York, pp. 431-443.

KWAN, M. (1998) Space-time and integral measure of individual accessibility: a comparative analysis using a point-based framework. *Geographical Analysis*, 30 (3), pp.191-216.

LAUBE, P.; IMFELD, S.; WIEBEL, R. (2005) Discovering relative motion patterns in groups of moving point objects. *International Journal of Geographic Information Science* 19, pp.639-668.

LEE, J.; KAWAGUCHI, D.; HAMERMESH, D. (2011) *The Gift of Time*. Austin, Texas: University of Texas, Austin. Disponible en: <https://webspace.utexas.edu/hamermesh/www/GiftofTime.pdf>.

LENNTORP, B. (1999) Time geography-at the end of its beginning. *GeoJournal*, 48, pp. 155-158.

LIPSET, S. & ZETTERBERG, H. (1959) Social mobility in industrial societies. En: LIPSET, S y BENDIX, R (eds) *Social mobility in industrial society*, University of California Press, Berkeley, CA.

LITMAN, T. (2003) *Measuring Transport: Traffic, Mobility and Accessibility*. Victoria Transport Policy Institute. Disponible en [www.vtpi.org](http://www.vtpi.org).

MALDONADO, J. (2012) Modelos de asignación. Técnicas existentes y ámbitos de aplicación. Modelos de asignación dinámica. Tema, Grpo consultor S.A.. Disponible en: <http://www.temagc.com/Articulos/Modelos%20asignacion%20dinamica.pdf>

MARMOLEJO, C. & CERDA, J. (2012) La densidad-tiempo: otra perspectiva de análisis de la estructura metropolitana. *Scripta Nova*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 20 de mayo de 2012, vol. XVI, nº 402. <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-402.htm>>. [ISSN: 1138-9788]

MARMOLEJO, C. (2004) Hacia una interpretación de la teoría de localización de las actividades de oficina en el territorio post industrial: El caso de Barcelona. Tesis para obtener el grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

MARMOLEJO, C.; CHICA, J.; MASIP, J. (2012) ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas? Evolución de la influencia de los subcentros en la distribución de la población. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno* [en línea]. 2012, Año 6, núm. 18 Junio [Consulta: d/m/a]. P. 163-191. Disponible en: <[http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles\\_n18/articles\\_PDF/ACE\\_18\\_SE\\_25.pdf](http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_SE_25.pdf)>. ISSN 1886-4805XX

MARMOLEJO, C. & ROCA, J. (2009) Urban Structure and Polycentrism: Towards a Redefinition of the Sub-centre Concept. *Urban Studies*, 46, pp.2841-2868.

MASSEY, D. (1995) The Conceptualization of Place. En: D. Massey and P. Jess (eds.) *A Place in the World? Places, Cultures and Globalization*. New York: Oxford University Press and The Open University.

MARTÍNEZ, F. (1994) Access, The Economic Link in Land use Transport Interaction. En : *International Conference on Travel Behaviour Research*, Valle Nevado, Chile.

MCDONALD, J. (1987) The Identification of Urban Employment Subcenters. *Journal of Urban Economics*, nº 21, pp.242-258.

MCDONALD, J. & MCMILLEN, D. (1990) Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago. *Environment and Planning A*, nº 22, pp.1561-1574.

MCDONALD, J. & PRATHER, P. (1994) Suburban employment centres: The case of Chicago. *Urban Studies*, nº 31, pp. 201-218.

MCDOWELL, L. (1999) *Gender, Identity and Place. Understanding Feminist Geographies*. Cambridge: Polity Press

MCMILLEN, D. & MCDONALD, J. (1997) A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City. *Journal of Regional Science*, nº 37, pp. 591–612.

MCMILLEN, D. (2001) Non-Parametric Employment Subcenter Identification. *Journal of Urban Economics*, nº 50, pp. 448-473.

MCMILLEN, D. (2003) The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients. *Regional Science and Urban Economics*, nº 33, pp. 287-304.

MCMILLEN, D. & SMITH, S. (2003) The number of subcenters in large urban areas. *Journal of Urban Economics*, nº 53, pp. 321-338.

METZ, D. (2008) The myth of travel time saving. *Transport Reviews* 28(3).

MEYER, K. (2008) Rhythms, Streets, Cities. En: K. Goonewardena et al (eds) *Space, Difference, Everyday Life*. New York: Routledge.



- MILKIE, M.; KENDIG, S.; NOMAGUCHI, K.; DENNY, K. (2010) Time With Children, Children's Well-Being, and Work-Family Balance Among Employed Parents. *Journal of Marriage and Family*, 72(5), pp.1329-1343. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1741-3737.2010.00768.x/abstract>).
- MILLER, H. (2007) *Societies and the cities in the age of instant Access*. The GeoJournal Library 88. Springer.
- MILLER, H. (2005) A measurement theory for time geography. *Geographical analysis*, 37, pp.17-45
- MILLER, H. & WU, Y. (2000) GIS software for measuring space-time accessibility in transportation planning and analysis. *Geoinformatica*, 4 (2), pp.141-159
- MILLWARD, H. & SPINNEY, J. (2011) Time Use, Travel Behavior, and the Rural-Urban Continuum: Results from the Halifax STAR Project. *Journal of Transport Geography* 19(1), pp.51-8.
- MIRALLES, C. (2002) *Ciudad y transporte un binomio imperfecto*. Ariel Geografía, Barcelona, España.
- MIRALLES, C. & CEBOLLADA, Á. (2003) Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad. Laboratorio de Alternativas Barcelona, documento de trabajo 25, pp 54. Disponible en [http://www.falternativas.org/laboratorio/documentos/documentos-de-trabajo/\(offset\)/130](http://www.falternativas.org/laboratorio/documentos/documentos-de-trabajo/(offset)/130)>
- MOL, A. & LAW, J. (2000) Situating technoscience: an inquiry into spatialities. Centre for Science Studies, Lancaster University
- MONTEZUMA, R. (2003) Ciudad y Transporte. La movilidad urbana. En M. Balbo, R. Jordan and D. Simioni (eds.) La movilidad urbana. La Ciudad Inclusiva Santiago: CEPAL 88: 175-191.).
- MÖSER, A. (2010) Food Preparation Patterns in German Family Households: An Econometric Approach With Time Budget Data. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/100283/>.
- MUÑIZ, I. & GALINDO, A. (2001) Ecological sustainability and urban form. Document de treball, 01.20, Departament d'Economia Aplicada.
- MUÑIZ, I.; GALINDO, A.; GARCÍA-LÓPEZ, M. (2003) Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona. *Urban Studies*, nº 40, pp. 1303-1321.
- MUÑIZ, I. & GALINDO, A. (2005) Urban form and the ecological footprint of commuting, the case of Barcelona. *Ecological Economics*, n 55, pp. 499-514.
- MUÑIZ, I.; GARCÍA-LOPEZ, M.; GALINDO, A. (2008) The effect of employment subcentres on the population densities in Barcelona. *Urban Studies*, nº 45, pp. 627-649.
- NIJKAMP, P. & FINCO, A. (2001) Sustainable cities and spatial footprints, XXVII Reunión de Estudios Regionales, Madrid, 28-30 Noviembre.
- OFFNER, J. (2000) Territorial deregulation: local authorities at risk from technical networks. *International journal of urban and regional research*, 24, 1, pp. 165-182.
- ORTUZAR, J. (1998) *Modelos de demanda de transporte*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Chile
- ORTUZAR, J. (2000) *Modelos econométricos de elección discreta*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Chile.

PERROT, M. & DE LA SOUDIÈRE, M. (1998) La résidence secondaire: un nouveau mode d'habiter la campagne. *Ruralia* 2, pp.137-149

PINK, S. (2008) Mobilising Visual Ethnography: Making Routes, Making Place and Making Images [27 paragraphs]. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 9(3), Art. 36. Disponible en <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0803362>.)

PORTER, M (1982) *Competing across location*. Springer.

PRED, A. (1986) *Place, Practice and Structure, Social and Spatial Transformation in Southern Sweden*: J 750-J 850. Cambridge: Polity Press.

REDFEARN, Ch. (2007) The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area. *Journal of Urban Economics*, nº 61, pp. 519-561

RECKER, W.; MCNALLY, M.; ROOT G. (1986) A Model of Complex Travel Behavior: Part I. Theoretical Development. *Transportation Research*, 20A, pp.307-318.

RECKER, W. (1995) The household activity pattern program (HAPP): general formulation and solution. *Transportation Research*, 29B, pp.61-77.

REIF, B. (1978) *Modelos en la planificación de ciudades y regiones*. Colección Nuevo Urbanismo, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid

RELPH, E. (1976) *Place and Placelessness*. London: Pion

ROCA, J.; ARELLANO, B.; MOIX, M. (2011) Estructura urbana, policentrismo y sprawl: los ejemplos de Madrid y Barcelona. *Ciudad y territorio, estudios territoriales*, vol. XLIII, nº 168, pp.299-321.

ROGERS, R. (2000) *Ciudades para un pequeño planeta*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili.

SABATINI, F.; CACERES, G.; CERDA, J. (2001) Segregación residencial en las principales ciudades chilenas: Tendencias de las tres últimas décadas y posibles cursos de acción". EURE (Santiago) [online], vol.27, n.82, pp. 21-42. ISSN 0250-7161. doi: 10.4067/S0250-71612001008200002. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-71612001008200002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612001008200002&lng=pt&nrm=iso)

SAKURAI, Y.; YOSHIKAWA, M.; FALOUTSOS, C. (2005) FTW: fast similarity search under the time warping distance. In: Proceedings of the Twenty-Fourth ACM SIGMODSIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, Baltimore, Maryland, pp. 326–337.

SAMANIEGO, H. & MOSES, M. (2008) Cities as organism: Allometric scaling of urban road networks. *Journal of Transporte and Land Use*, 1,1, pp. 21-39. Disponible en <http://jtl.org>.

SAVAGE, M.; BAGNALL, G. (2005) *Globalisation and Belonging*. London: Sage.

SECRETARÍA DE TRANSPORTE (SECTRA), Ministerio de Transportes y telecomunicaciones, Gobierno de Chile (2002) análisis políticas de usos de suelo. Disponible en [http://www.sectra.gob.cl/Metodologias\\_y\\_Herramientas\\_de\\_Transporte/metodologia/mussa.html](http://www.sectra.gob.cl/Metodologias_y_Herramientas_de_Transporte/metodologia/mussa.html)

SHAW, S. & YU, H. (2009) A GIS-based time-geographic approach of studying individual activities and interactions in a hybrid physical–virtual space. *Journal of Transport Geography* 17, pp.141–149.

SHEARMUR, R. & COFFEY, W. (2002) A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996. *Environment and Planning A*, nº 34, pp. 575-598.

SHELLER, M. & URRY, J. (2006) The new mobilities paradigm. *Environment and Planning A*, 38, pp.207-226.

SHOVAL, N. & ISAACSON, M. (2007) Sequence alignment as a method for human activity analysis in space and time. *Annals of the Association of American Geographers*, 97, pp.282-297.

SIVAKUMAR, A. (2007) Modelling transport: A Synthesis of Transport Modelling Methodologies, working paper, Imperial College, London. Disponible en <http://www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/50669701.PDF>.

SOJA, E. (1999) *Postmodern Geographies: The Reassertion of Space in Critical Social Theory*. London: Verso.

SONG, S. (1994) Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region. *Urban Studies*, nº 31, pp. 1533-1544.

SONG, Ch.; KOREN, T.; WANG, P.; BARABÁSI, A. (2010) Modelling the scaling properties of human mobility. *Nature physics*, published online: 12 september 2010 | doi: 10.1038/nphys1760

SPINNEY, J. (2008) Improving the number, timing, and location of trips: a GPS-assisted prompted recall approach. 57th Annual Meeting of Canadian Association of Geographers, Quebec City, May 20-24.

TRULLÉN, J. (1998) Factors territorials de competitivitat de la Regió Metropolitana de Barcelona. *Revista Econòmica de Catalunya*, n 34, pp. 34-56.

TORNS, T.; BORRAS, V.; MORENO, S.; RECIO, C. (2006) Las políticas del tiempo: un debate abierto. Ayuntamiento de Barcelona. Disponible en [www.bcn.cat/nust](http://www.bcn.cat/nust).

UNITED NATIONS (2005) Guide to Producing Statistics on Time Use: Measuring Paid and Unpaid Work. Department of Economic and Social Affairs, New York.

URRY, J. (2004) Death in Venice. En M. Sheller and J. Urry (eds.) *Tourism Mobilities: Places to play, places in play*. London: Routledge. Pp.205-215.

URRY, J. (2003) Social networks, travel and talk. *British Journal of Sociology*, 54(2), pp.155-175.

VAN DER BERG, L. (1982) *Urban Europe: A Study of Growth and Decline*. Pergamon Press.

VAN WEE, B.; RIETVELD, P.; MEURS, H. (2006) Is average daily travel time expenditure constant? In search of explanations for an increase in average travel time. *Journal of Transport Geography*, 14, pp. 109-122.

VICKERMAN, R. (1974) Accessibility, attraction and potential: A review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment and Planning A*, pp 675-691

VROTSOU, K. (2010) Everyday Mining: Exploring Sequences in Event-Based Data. Department of Science and Technology, Visual Information Technology and Applications (VITA). Norrköping, Sweden: Linköping University, The Institute of Technology. Disponible en <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-58311>

WADDELL, P. (2005) Building an Integrated Model: Some Guidance, presented at TRB Workshop 162 on Integrated Land Use-Transport Models, Washington D.C.

WEBER, J. (2003) Individual accessibility and distance from major employment centers: an examination using space-time measures. *Journal of Geographical Systems*, 5, pp.51-70.

WEBER, J. & KWAN, M. (2002) Bringing time back in: a study on the influence of travel time variations and facility opening hours on individual accessibility. *The Professional Geographer*, 54, pp.226–240.

WONG, D. & SHAW, S. (2010) Measuring segregation: an activity space approach. *Journal of Geographical Systems*. DOI 10.1007/s10109-010-0112-x  
<http://www.springerlink.com/content/q031756263447622/fulltext.html>

YU, H. (2006) Spatio-temporal GIS design for exploring interactions of human activities. *Cartography and Geographic Information Science*, 33 (1), pp.3–19.

YUKIO, S. (2005) Spatio-temporal analysis of the distribution of urban facilities in terms of accessibility. *Papers in Regional Science*, 1 (03), pp.61–84.

ZHIXIANG F.; SHIH-LUNG, S.; QINGQUAN, L. (2010) A sensitive indicator of regional space–time accessibility. *Annals of GIS*, 16:3, pp.155–164.

## ANEXOS

### ANEXO II.1

#### Evolución de los modelos de asignación de viajes

Como se indico antes, mediante el proceso de asignación se transforma la demanda de transporte en flujo o cargas de tráfico en el sistema de transporte existente (o futuro) que recibirá dicha movilidad. El término de asignar se refiere a que un viaje es asignado a una ruta (en términos de elección se dice que el viaje elige una ruta).

La forma de que el viaje elija una ruta requiere de la definición de un término de costo de utilizar dicha ruta. Esto permite, por una parte transformar todas las variables propias de operación del sistema de transporte en costos, y por otra aplicar el principio básico de optimización del comportamiento, al minimizar los costos (totales o individuales).

El costo utilizado actualmente en la mayoría de los estudios de transporte se denomina costo generalizado de viaje, e incluye todos los factores cuantificables en términos económicos atribuibles a un viaje. En este costo, un componente objetivo son los gastos en tarifas (de transporte público) o peajes y aparcamiento para vehículos, así como los costos de combustible y mantención de los mismos. Otro componente que presenta cierto grado de ambigüedad es el valor económico del tiempo, el que se aplica a la suma del tiempo de acceso al medio de transporte, el tiempo de espera, el tiempo de viaje, y el tiempo de llegada al destino. El valor económico del tiempo proveniente de estudios específicos (BID, 2006).

Con el concepto de costo generalizado de viaje, se procede a simular (replicar) el proceso de asignación de un viaje a una ruta. Para esto existen principalmente cuatro métodos, los que se presentan a continuación (Maldonado, 2012):

- Asignación Todo o Nada: se considera que el usuario tiene la información de todo el sistema, y por ende todas las rutas alternativas, y elige el camino de coste generalizado mínimo.
- Asignación Estocástica: se considera que el usuario cuenta con incertidumbre (no tiene toda la información) en el momento de tomar la decisión de que ruta utilizar. La solución se afronta con la técnica Burrell, o con la técnica Dial (posibilidad que tiene un conductor en elegir entre diferentes itinerarios de similar coste). En la técnica Burrell, la incertidumbre se modela modificando los costes de viaje de cada arco utilizados en la construcción del itinerario, a partir de un valor medio establecido previamente en base a observaciones. La modificación en el coste del arco se determina aleatoriamente con base en una distribución de probabilidad rectangular, la cual tiene como media el coste por arco preestablecido. Esta formulación asegura la independencia de la varianza media por arco (cuyo valor es idéntico para todos los arcos), es decir, no influye el hecho que el itinerario este compuesto por unos pocos arcos de alto coste, o numerosos arcos de bajo coste. Finalmente, la asignación de los viajes de cada par origen-destino a cada uno de los itinerarios, se realiza en función del número de itinerarios establecidos (N), asignándole a cada itinerario la proporción  $1/N$  de los viajes. En la técnica DIAL, se construyen todos los itinerarios "eficientes" para cada par origen-destino, considerando como eficientes

aquellas rutas que sitúan al potencial viajero más cerca de su destino y/o más lejos de su origen. El reparto de los viajes en el método DIAL se realiza según los costes de cada itinerario en relación con el coste de la ruta de coste mínimo, de forma que dos caminos de similar coste serán cargados de una forma similar.

Estos métodos de asignación no garantizan el volumen de viajes asignado (a cada arco) no supere la capacidad de dicho arco.

- Asignación Iterativa con restricción de capacidad: de forma simplificada, este método supone la asignación a la red, en un proceso iterativo en el que las condiciones de funcionamiento de la red (como la velocidad de recorrido en cada arco) dependen de los niveles de tráfico asignados a dicho arco en la iteración o iteraciones anteriores. La relación entre la velocidad de recorrido en el arco y la carga de tráfico se establece a través de curvas Velocidad/Flujo. En este enfoque, se pueden diferenciar cuatro métodos principales que son el método iterativo, el incremental, del volumen medio, y de equilibrio.

En el método iterativo asigna en cada iteración el total de viajes, definiendo las condiciones de funcionamiento de cada arco (velocidad de recorrido) a partir de los volúmenes de tráfico asignado en la anterior iteración. El número de iteraciones a realizar se establece previamente, pero no queda garantizado que se alcance el equilibrio.

En el método incremental asigna en cada iteración un porcentaje determinado de los viajes totales. Así se pueden ejecutar 5 iteraciones asignando el 20% de los viajes en cada iteración, ó 10 iteraciones asignando el 10% de los viajes en cada iteración. Al incrementarse el tráfico en los arcos (de forma acumulada), se recalculan las velocidades en cada arco, y la siguiente iteración asigna el incremento de tráfico hacia los itinerarios menos congestionados, produciéndose así la distribución de los tráficos de cada par origen-destino entre varios itinerarios.

En el método del volumen medio se consideran los efectos de la totalidad de las iteraciones anteriores, asegurando así un resultado estable, aunque no sea necesariamente el más correcto, ya que el número de iteración es dado a priori. Un perfeccionamiento de este método lo brinda el método del "equilibrio", que puede considerarse como una variante del método del volumen medio. En éste se calcula un factor óptimo de ponderación, en lugar de basarlo automáticamente en el número de la iteración. El objetivo de esta optimización es conseguir la convergencia del proceso, encontrando un mínimo de "Wardrop", es decir, una situación en la que ningún viajero puede cambiar su itinerario sin incrementar su costo de viaje.

Una complejización de los métodos iterativos con restricción de capacidad es la incorporación de las demoras en las intersecciones que componen los itinerarios. Esta mayor complejidad no modifica la filosofía de todo el proceso, sino que, exclusivamente, calcula con mayor detalle los costes de viaje en cada arco, teniendo en cuenta las características de los nodos (intersecciones).

- Asignación Dinámica: si bien se concibe como un complemento del método de asignación iterativa con restricción de capacidad, pero en su concepto, plantea un cambio en la filosofía del proceso.

La asignación dinámica tiene en cuenta hechos y cambios temporales que pueden afectar a la conducta del tráfico en la red, como por ejemplo:

- Los retrasos en las intersecciones, por ejemplo, pueden fluctuar a lo largo del período modelado.
- Las colas pueden ser suficientemente largas en un período, y afectar las intersecciones "aguas arriba".
- El tiempo requerido por los vehículos para recorrer una red afectan de forma diferenciada las restantes partes. Por ejemplo, una demanda generada en la periferia de una ciudad al inicio de la hora punta de la mañana se refleja más tarde en el centro.
- El comportamiento de los conductores considera de forma dinámica las modificaciones de las condiciones del tráfico, por ejemplo, cambiando su itinerario en función de la congestión.
- Cuando la demanda excede a la capacidad de la oferta pueden producirse diversos hechos. En primer lugar, el tráfico en exceso sobre la capacidad sufrirá retenciones y no circulará "aguas abajo" de la red, pero, a largo plazo, los conductores variarán el horario y el itinerario de su recorrido o incluso podrán reducir el número de sus viajes, utilizar otros modos o cambiar su destino.

El procedimiento que sigue la asignación dinámica considera los siguientes elementos clave (Maldonado, 2011):

- Histograma de flujos: en la asignación dinámica, los histogramas de flujos reflejan la variación de los flujos en el origen del viaje a lo largo del período de modelación (generalmente de una hora), dividido en subperíodos, durante los cuales se considera que los niveles de flujo son constantes. El histograma se desplaza a lo largo de la red y se combina con otros histogramas, obteniendo un histograma de flujos en cada arco de la red.
- Modelación de intersecciones: en la asignación dinámica las intersecciones son modeladas considerando los tráficos provenientes de los histogramas de flujos.
- Propagación de la demanda a lo largo de la red: en la asignación dinámica se tiene en cuenta el tiempo que tardan los vehículos en atravesar la red. Esto se realiza considerando los histogramas de flujo dinámicos en el tiempo y los tiempos de viaje en los itinerarios seguidos entre cada par origen- destino.
- Efecto de las limitaciones de capacidad sobre la demanda aguas abajo de un arco o intersección saturado. Si la limitación de la capacidad se alcanza en un punto de la red, se reducen los flujos aguas debajo de dicho punto, lo que supone una mejora de la saturación de arcos aguas abajo. Cuando todo o parte del perfil calculado en cada arco excede la capacidad del arco o de la intersección, los viajes son eliminados de los itinerarios aguas abajo de la intersección, a fin de igualar la demanda en el arco con la capacidad, lo cual reduce los flujos de tráfico aguas abajo de la intersección.
- Limitaciones en la capacidad causada por bloqueo de intersecciones por colas en intersecciones próximas. Este caso se presenta cuando, como consecuencia de la demanda, incidiendo sobre una intersección, se forman colas que afectan a la salida de intersecciones existentes aguas arriba de la intersección saturada. Este hecho es tenido en cuenta en la asignación dinámica desde un punto de vista estadístico, a través de la definición de una función de distribución de la

probabilidad que determina la probabilidad de bloqueo para un tamaño medio de la cola.

- Período de modelación: en la asignación dinámica el período de modelación es de una hora. Para este período es factible obtener información de viajes origen-destino, ciclos de semáforos, flujos de saturación, etc. Es posible ampliar el período de modelación, estableciendo que las condiciones de funcionamiento de la red (básicamente referido a las colas) al final del primer período, son iniciales para el siguiente período.

- Respuestas a los cambios: Si bien la metodología permitiría el cálculo de itinerarios en cada subperíodo, el esfuerzo computacional y el nivel de detalle exigido no justifica dicho proceso, de ahí que en la metodología operativa se calculan conjunto de caminos (Técnicas Burrell o Dial) para las condiciones medias de funcionamiento de la red en dicho período.

- Funcionamiento de las intersecciones: se calculan las colas, demoras, grado de saturación y efectos del bloqueo de colas.

- Matriz O-D de viajes eliminados: los viajes que generan la sobrecapacidad de arcos, son transferidos a una matriz. Estos viajes, en una primera aproximación, son tratados como eliminados, pero el usuario puede "reciclar" estos viajes (modificando los histogramas de cargas) o cambiando de modo de transporte. El análisis de los viajes en "sobrecapacidad" debe realizarse con referencia al período de tiempo durante el cual se producen.

- Matriz O-D de viajes retrasados más allá del período de modelización: cuando el tiempo empleado en atravesar la red supone una fracción significativa de período modelizado, bien a causa del tamaño de la red, bien por problemas de congestión, bien por ambas causas, se produce un balance neto de viajes en la red, comparando los histogramas de flujos, al comienzo y final del período. Estos viajes se recogen en esta matriz, para ser incorporados al período siguiente, o bien para reasignados a la red, modificando los histogramas de flujos o bien suprimidos.

Cada una de las técnicas de asignación presentadas tiene un campo de aplicación específico, dependiendo del tipo de red y de los niveles de tráfico que la utilizan. En redes interurbanas y rurales se utiliza básicamente técnicas de tipo todo o nada, o técnicas Burrell y Dial, si se quiere tener viajes asignados en todos los itinerarios disponibles, y no sólo el del mínimo costo.

En redes urbanas o mixtas tienen mayor campo de utilización las técnicas iterativas con restricción de capacidad, siendo el nivel de congestión en la red un parámetro a tener en cuenta a la hora de decidir un método u otro (congestión en intersecciones o en arcos). Si la congestión es muy alta, se recomienda la asignación dinámica.



## ANEXO II.2

### Modelos de Uso de suelo y transporte (LUT)

Actualmente existe un considerable número de modelos LUT, con diferentes niveles de desarrollo y aplicaciones. En el trabajo de Hunt (2005) (el que se sintetiza a continuación), se identifican y caracterizan los seis modelos más representativos de la actualidad. Estos modelos son ITLUP (también conocido como DRAM/EMPAL), MEPLAN, TRANUS, NYMTC-LUM, UrbanSim, y MUSSA.

El modelo ITLUP (Integrated Transportation and Land Use Package), es un trabajo desarrollado y aplicado por el Profesor Stephen Putman, de la Universidad de Pennsylvania, Philadelphia, USA, desde hace 25 años. Incluye una serie de submodelos, dentro de los cuales el más conocido es DRAM (*Disaggregate Residential Allocation Model*) y EMPAL (*Employment Allocation Model*). Estos modelos utilizan derivaciones del modelo de Lowry para localizar hogares (cuatro categorías de ingreso), empleos (cuatro categorías), y estructura de viaje (público y privado). Las proyecciones de empleo, población, viajes, actividades, y hogares son exógenas al modelo.

Este modelo contiene un submodelo multinomial logit de partición modal, así como modelos de asignación a redes en base a variados algoritmos (estocásticos, de equilibrio, etc.). La generación y distribución de los viajes los desarrolla el submodelo DRAM, simultáneamente con la localización residencial. Sin embargo, los submodelos DRAM y EMPAL generalmente se usan en forma separada, pero en aplicaciones actuales han sido asociados a programas comerciales de estimación de demanda, como EMME/2, u otros, lo que muestra la posibilidad de ser alimentados en forma exógena, en lo que se refiere a demanda y costos de viaje.

Los módulos DRAM y EMPAL tienen la ventaja de utilizar datos generalmente disponibles (población, hogares y empleo). Sin embargo, en este mismo sentido se reconoce la debilidad de no considerar procesos de mercado.

El modelo MEPLAN, fue creado por el profesor Marcial Echeñique de la universidad de Cambridge (Inglaterra). Es un modelo agregado, que divide el espacio en zonas, que localiza hogares y actividades económicas, modelando los flujos de transporte correspondientes.

El corazón del modelo MEPLAN es una matriz insumo-producto espacial, que incluye coeficientes técnicos y sectores laborales. Todas las actividades, así también los hogares, son consideradas actividades productoras y consumidoras, cuyos patrones de consumo se expresan en los coeficientes técnicos (del tipo Leontief). La desagregación espacial del modelo debe resguardar la necesidad que la producción satisfaga el consumo localizado por zona, el que se localiza en base a un modelo de elección discreta que considera el precio de los productos. Finalmente lo que resulta es la interacción entre zonas, lo que se transforma en demanda de viajes (personas y carga). Esta demanda alimenta un modelo clásico de cuatro etapas, cuyos costos de interacción retroalimentan el procedimiento. La temporalidad se maneja en el sentido de definir cortes temporales específicos. La oferta de suelo es fija para cada zona, en cada corte. Los coeficientes técnicos de consumo de suelo son elásticos al precio, y el precio del suelo se establece por un procedimiento exógeno que equilibra oferta con demanda para cada punto en el tiempo. Precios para los output de otros sectores (no hogares), son endógenos, y surgen del análisis de encadenamiento productivo y de la cadena de valor. La demanda de

transporte de cada punto en el tiempo se asigna a una red multimodal, usando un modelo de elección discreta (logit) que elige simultáneamente modo y ruta, considerando congestión. Los costos o desutilidades de transporte son condiciones para el próximo período de modelación. La demanda que induce la actividad económica, es dada en forma exógena, al igual que el sector básico del modelo de Lowry. La zona actualiza sus características de oferta, considerando la demanda localizada en el período, para alimentar el siguiente período de modelación.

El modelo NYMTC-LUM desarrollado por el Profesor Alex Anas en la Comisión Metropolitana de Transito de Nueva York (MTC), es una versión simplificada del modelo METROPOLIS (versión más reciente) desarrollado por Anas para explicar el desarrollo del mercado de viviendas.

El modelo tiene el enfoque de la teoría macroeconómica, y simultáneamente modela las interacciones entre las residencias, las zonas comerciales, y los empleos, con un manejo particular de la demanda y oferta en cada caso. El valor de las viviendas, la renta del suelo comercial, y los empleos son determinados en forma endógena por un modelo, que a su vez regula la oferta y demanda para cada mercado.

Se resuelve un equilibrio estático (como el modelo de Alonso) para cada corte temporal, encontrando el precio y las cantidades de equilibrio entre oferta y demanda. El modelo de tráfico considera una zonificación muy desagregada, en comparación a otros modelos (3500 zonas para NY). Actualmente, los elementos que modela son población, empleo, y edificios, y no tiene un modelo de transporte integrado. Si se conecta con el modelo de demanda de transporte MTC, del cual recibe información de costos y utilidades modales.

El modelo TRANUS, desarrollado por el Dr. Tomás de la Barra, presenta la misma estructura de modelación que MEPLAN, diferenciándose solo en tener más restricciones funcionales y opciones de modelación.

El modelo UrbanSim, es un modelo operacional del mercado de suelo urbano y espacio comercial, desarrollado por el Profesor Paul Waddell. Este modelo complementa a un modelo de transporte de cuatro etapas. El modelo utiliza un enfoque de disponibilidad a pagar. La demanda por stock de edificios (tanto para residencias o firmas) se basa en la disponibilidad a pagar, u oferta (precios observados pagados y no hipotéticas disponibilidades a pagar, las que son difíciles de observar). Los compradores maximizan sus beneficios (diferencia entre disponibilidad a pagar, y precio de transacción), mientras que los vendedores maximizan el precio a cobrar. La construcción de edificios es demandada por las actividades, para maximizar los beneficios. El precio de los edificios se establece bajo condiciones claras de un submercado asociado al análisis de transporte y a los atributos de las zonas.

El modelo opera en un des-equilibrio dinámico por año, donde la demanda desarrolla y/o re-desarrolla distintos territorios en base a ganancias esperadas. Las ganancias esperadas se basan en los precios de un determinado año, y las elecciones de nuevas construcciones, las que no se consideran disponibles para el siguiente año. La demanda se asocia a los precios y a la demanda, donde los precios se ajustan en base al balance oferta demanda en ese año.

La demanda del modelo considera los análisis de transporte entre unidades espaciales o zonas, llegando a tener un nivel de desagregación muy fino, en comparación a otros modelos.

Para la oferta, el modelo utiliza predios individuales, que pueden ser desarrollados, o re-desarrollados (es decir demolidos y vueltos a construir), convirtiéndose así en uno de los pocos modelos que utiliza el predio como unidad de análisis.

El modelo también se basa en el análisis de escenarios políticos que incluyen planes de usos de suelo, regulaciones de crecimiento, densidades máximas y mínimas, desarrollos de usos mixtos, renovación urbana, restricciones ambientales, políticas de valor de suelo, y las políticas de infraestructura de transporte (y su tarificación) que permite el modelo de demanda de transporte.

Finalmente, el modelo MUSSA (Modelo de Uso de Suelo de Santiago) es un modelo orientado al mercado de suelo, desarrollado por el Profesor Francisco Martínez en la Universidad de Chile. Es un modelo totalmente integrado con el modelo ESTR AUS, modelo de transporte de cuatro etapas, por lo que unidos conforman un modelo de cinco etapas.

El modelo MUSSA se diseñó para pronosticar la localización de actividades, residenciales y no residenciales, en el área del gran Santiago. Este modelo considera que los predios serán asignados a las actividades que sean los mejores postores, definiéndose el equilibrio del mercado como la condición en que todas las actividades se localizan, es decir, la oferta satisface la demanda.

El problema de localización se resuelve en MUSSA por una representación de los componentes del mercado, es decir, las actividades en la ciudad se dividen en grupos, por características socioeconómicas para las residencias y por el rubro de las actividades económicas o no residenciales. El stock de la oferta se divide en tipos de construcción los que pueden ser sólo para uso residencial, uso no-residencial o uso compartido. El espacio se divide en zonas homogéneas con relación al uso del suelo y el sistema de transporte.

El objetivo del problema de localización es encontrar una solución que minimice el desequilibrio, definiéndose el equilibrio como una distribución de localización que cumple con dos condiciones: primero, todas las actividades se localizan, y segundo, la oferta de localizaciones (predios) se asignan al mejor postor.

La segunda condición de equilibrio se obtiene al modelar el mecanismo de remate como un proceso estocástico. Se supone que el mercado urbano se comporta como si los consumidores hicieran ofertas en subastas, las cuales se definen como la disposición a pagar de los consumidores por una opción de localización. Para incluir la variabilidad idiosincrásica entre los consumidores, asumimos que las funciones de postura (*bid*) son aleatorias. De esto se concluye que la probabilidad de que el grupo sea el mejor postor en una opción de oferta, denominada probabilidad condicional de localización es una expresión matemática conocida como logit multinomial, y las rentas esperadas se obtienen directamente por el valor máximo esperado de las posturas.

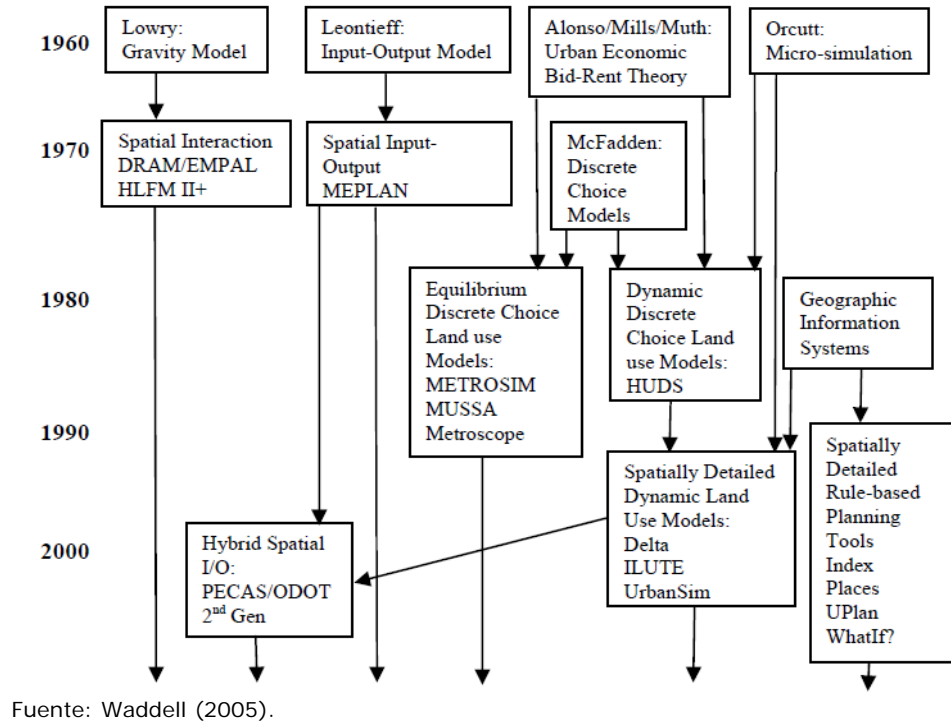
Es importante de mencionar, que el proceso de subasta describe un mecanismo de transacción donde los precios se definen de forma endógena por la postura más alta, la que tiene la interesante propiedad de generar una distribución de la localización donde cada agente logra la máxima utilidad dado los valores de la renta que resultan del remate.

La elección de una localización es un proceso donde los agentes comparan el conjunto de atributos, evalúan su valor relativo para obtener una disposición a pagar o la utilidad y decidir en base a ello la mejor opción. Estos atributos se pueden clasificar en atributos relacionados con el acceso, donde es importante el sistema de transporte, y en atributos que describen el entorno o vecindario. Con

respecto a la accesibilidad, MUSSA interactúa secuencialmente con los modelos de transporte y supone que los atributos de acceso son exógenos al modelo de equilibrio de localización.

Para enmarcar temporalmente los modelos presentados en la evolución de los modelos LUTM, Waddell (2005) presenta el esquema de la figura II.2.1.

**Figura II.2.1.- Evolución de los modelos de uso de suelo**



## ANEXO II.3

### Modelos de demanda de transporte basados en actividades

Actualmente existen sólo algunos MBA operativos, tales como el Sistema de BB (Bowman, 2000) y el modelo de ALBATROSS (Arentze, 2004). Por otro lado existen varios prototipos enfocados al realismo conductual en su representación de las decisiones relacionados con los viajes, pero aún no están implementados de forma operativa (véase, por ejemplo, PCATS por Kitamura y Fuji, 1998; AMOS por Pendyala, 1998; SIMAP por Kulkarni y McNally, 2001; CEMDAP por Bhat, 2004). Algers (2005) hace un interesante análisis sobre la potencialidad de estos modelos, en el contexto actual que requiere la modelación de la demanda de transporte.

En los últimos años han surgido diferentes perspectivas teóricas y técnicas de modelación, cada una de estas con necesidades específicas de información. Con base en los enfoques de modelación, los modelos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- El enfoque basado en restricciones tiene como objeto principal el determinar secuencias de actividades factibles, dadas distintas restricciones espacio-temporales e institucionales. La entrada de estos modelos consiste en programas de actividad (derivados de estudios empíricos), que describen la duración y el momento de realización de las actividades. El entorno espacio-tiempo de acción se define en términos de localizaciones, sus atributos, los modos de transporte disponibles, y los tiempos de viaje entre las localizaciones. Para examinar la viabilidad de una secuencia de actividades, primero se aplica un algoritmo combinatorio que crea todas las posibles secuencias de actividades. Luego se evalúa la factibilidad de cada secuencia en términos de (i) verificar si el intervalo entre el fin de la actividad anterior y el inicio de la próxima es suficiente para viajar y llevar a cabo la actividad, (ii) comprobar si la actividad puede comenzar después de la hora de inicio más temprana posible y terminar antes de la hora de término más tardía, y (iii) comprobar si las condiciones de la secuencia de actividades no se violan. El número de secuencia de actividades factibles, en este enfoque de modelación, se utiliza como una medida de flexibilidad del entorno espacio-temporal de una localización específica.

Uno de los modelos de secuencias con restricciones más antiguos es el modelo CARLA, desarrollado por la unidad de estudios de transporte de la Universidad de Oxford (Clarke, 1986). Este modelo utiliza una lista de actividades a ser secuenciadas y su duración, para producir todas las cadenas de actividades posibles (permutaciones alternativas de secuencias de actividades). Se modela también el efecto de las interacciones entre los integrantes de la familia en las secuencia de actividades de cada miembro del hogar. El modelo ha sido aplicado para evaluar la consecuencia de la aplicación de la reducción de servicios de autobús en los Países Bajos (Van Knipperberg, 1984).

- Un segundo enfoque consiste en los modelos basados en utilidad, y específicamente en el comportamiento (secuencia de actividades) que maximiza la utilidad. Aunque los primeros modelos utilizaban técnicas de Monte Carlo para simular las opciones individuales en la secuencia de actividades, o desarrollaron modelos para grupos homogéneos de individuos localizados en un mismo lugar, y con la misma cadena de actividades, los modelos de elección discreta se convirtieron en la técnica dominante en este enfoque de utilidad. Así, la

secuencia de actividades diarias, en lugar de un solo viaje, se convirtió en la unidad de conducta básica (unidad de modelación). Por ejemplo, Adler y Ben-Akiva (1979) asumen que los individuos evalúan una secuencia diaria de actividades, y eligen la de utilidad máxima. Para lo anterior se utiliza un modelo multinomial logit para predecir la secuencia de actividades, tomando en consideración variables como el número de estancias y viajes para diversos propósitos, la distancia total recorrida por los diferentes modos, los destinos visitados, el tiempo dedicado a las actividades, y las características sociodemográficas. En un estudio posterior, Ben-Akiva y Bowman (1995) sugieren romper el proceso de la formación de una secuencia única de actividades en una serie de decisiones parciales, que se modelan con una estructura logit jerárquico.

Quizás el modelo más clásico de los basado en la utilidad es STARCHILD (Recker, 1986). Este modelo requiere como entradas el set de actividades a considerar, su duración y horario, y el lugar. Este modelo extiende el proceso de generación de secuencias del modelo CARLA para incluir un modelo de patrón de elección real. El modelo STARCHILD se ha aplicado a tres ámbitos de políticas: horas de trabajo variables, cambios en la velocidad de la red de viaje, y cambios en los tiempos destinados a viajes individuales (Recker, 1995). Recker ha ampliado el enfoque de STARCHILD para incluir una formulación de programación matemática para la elección de patrones de actividades del hogar. El problema de patrones de actividades del hogar (*Household Activity Pattern Problem, HAPP*) tiene por objetivo generar la elección de los patrones de actividad del hogar como una optimización de la función de utilidad del hogar, acomodando los trayectos espacio temporales de los integrantes del hogar.

- Un tercer tipo de MBA son los modelos basados en reglas. Estos modelos consideran un conjunto de condiciones o sentencias del tipo “si pasa esto-hacer esto o aquello”, que se utilizan para simular secuencias de actividades. Las reglas se refieren a la prioridad de las actividades, la proximidad espacial de las actividades, y los tiempos de espera y duración. El resultado de estos modelos es una secuencia de actividades que se realizan en lugares específicos, y la ruta seguida entre los lugares. Un ejemplo es el programa SCHEDULER (Gärling, 1994), aunque cabe señalar que el modelo no está operativo, sin embargo ha construido un marco conceptual para entender el proceso por el cual las personas organizan sus actividades. Los individuos y los hogares asumen ciertas metas, siendo las actividades los medios por el cual se pueden alcanzar estas metas. Los individuos y las familias saben como las actividades aportan a la concreción de los objetivos, con lo que otorgan preferencias a cada una de ellas. Elección de la participación en las actividades está determinada en conjunto por las preferencias, los objetivos, y las restricciones. La secuencia es definida por el proceso de decidir qué actividades desarrollar durante un período definido. Además implica un conjunto interrelacionado de decisiones tomadas de forma individual y de forma conjunta con otras personas, en relación a quién va a participar en las actividades, dónde, cuándo y por cuánto tiempo, y la forma de viajar entre los lugares donde las actividades realizan. El modelo asume que la factibilidad de la secuencia es un objetivo primordial, y la minimización de los viajes un objetivo secundario. Las entradas del modelo son una lista de actividades que se deben desarrollar, un mapa de localización de las actividades disponibles, y los tiempos disponibles para las diversas actividades. El modelo ALBATROS pertenece a esta categoría de modelos.
- Formas híbridas de los MBA han recibido una creciente atención últimamente. Por ejemplo, SMASH (Ettema, 1993) ha sido desarrollada para combinar modelos basados en reglas y modelos de elección discreta (utilidad). Se conceptualiza el proceso de secuenciar actividades como un proceso secuencial

de elección de actividades. En cada paso, la secuencia, que está vacía al inicio del proceso, cambia siguiendo las siguientes acciones básicas: (i) la adición de una actividad, (ii) la eliminación de una actividad, (iii) la sustitución de una actividad por una actividad ya agenda, o (iv) detener el proceso de creación de la secuencia. Para cada una de estas acciones básicas se deriva una función de utilidad dependiente del tiempo. La opción elegida en cada paso, es la que tiene la mayor utilidad en cada paso. De la aplicación iterativa de estas acciones básicas, se construye la secuencia hasta que se obtiene un resultado satisfactorio. La secuencia sólo incluye información sobre la localización de la actividad y su orden en la cadena. En cada paso se crean todas las posibilidades de acciones básicas. De todas las opciones posibles, la acción que da la mayor utilidad se lleva a cabo.

Otro ejemplo es el modelo AMOS (*Activity-MObility Simulator*), desarrollado por Kitamura (1996) para evaluar las respuestas a corto plazo de medidas de control de transporte. El modelo toma un cadena de actividades-viajes diaria de un individuo (modelo base), y genera una opción de adaptación para el individuo (por ejemplo, no hacer nada, cambiar de modo, cambiar el tiempo de salida, etc.). La elección de adaptación es construida por un generador calibrado por el método de redes neuronales sobre encuesta. Un modificador de la cadena de actividades analiza el modelo base y una opción generada, y cambia el modelo base (sobre todo en modos y tiempos de salida), cuando se puede lograr una eficiencia. El cambio en el patrón de referencia puede implicar la re-secuenciación de las actividades y/o cambios en el destino y modos de transporte para acceder a ciertas actividades. El conjunto de las actividades de la cadena y su duración no son alterados. AMOS ha sido aplicado en el área de Washington-DC, para evaluar la respuesta potencial a corto plazo de los viajeros en la región.

Otro modelo es PCATS (Kitamura, 1998), que se basa en dividir el día (o cualquier otra unidad de tiempo) en período o bloques "abiertos" y "cerrados". Los períodos abiertos representan los momentos del día cuando una persona tiene la opción de viajar y participar en actividad "flexible". Los períodos cerrados representan momentos en que una persona desarrolla actividades "fijas" (u obligadas). La clasificación de actividad "fija" o "flexible" se basa en supuestos y/o en encuesta donde se consulta por cuales son las actividades fijas en el tiempo y espacio. PCATS busca llenar los períodos abiertos sobre la base de un prisma espacio-temporal de las actividades que pueden realizarse dentro del período abierto. PCATS utiliza una estructura secuencial para la generación de las actividades y los atributos asociados (tipo de actividad, duración de la actividad, localización de actividades, y la elección de modo) dentro del período abierto (por lo tanto, la unidad de análisis en PCATS es la actividad). Dado que pueden surgir varias estructuras secuenciales, PCATS secuencia los modelos para cada actividad por tipo, ubicación, medio de transporte, y duración. Dado que la duración de cada actividad se determina al final de PCATS, previamente se construye un modelo de distribución estadística para cada tipo de actividad, y se calcula la probabilidad del período hasta la próxima actividad fija, para cada posible actividad flexible. Esta probabilidad se utiliza como variable explicativa en la determinación del tipo de actividad flexible que puede llevarse a cabo durante el período abierto. PCATS se ha aplicado en un estudio de validación de valores de ciertos atributos de los viajes (como el tiempo total de viaje, duración de actividades flexibles en el hogar, etc.).

## ANEXO II.4

### Métodos de medición de accesibilidad

Desde el punto de vista de los métodos de medición, la accesibilidad aparece en cada una de las formas de medición bajo distintos nombres (contigüidad, distancia, centralidad, proximidad, tiempo de viaje, etc.). Durante los últimos 40 años se han propuesto diversas definiciones y medidas de accesibilidad, así como cientos de indicadores de accesibilidad con diferentes nombres, orígenes de datos, usos, y métodos de cálculo (DHC, 2001). Sin embargo, todos los indicadores pueden agruparse en categorías. A continuación se presentan y caracterizan en la tabla II.4.1 las siete categorías definidas en el trabajo de Curtis y Scheurer (2010).

**Tabla II.4.1.- Metodologías de cuantificación de la accesibilidad**

Categoría del método	Método y fuente	Enfoque de cuantificación
1) Indicadores de separación espacial	Modelo de separación espacial (Bhat, 2000)  Mediciones en infraestructura (Geurs & Van Eck, 2001)  Aproximación de costo de viaje (Baradaran & Ramjerdi, 2001)	Mide la fricción al viaje entre un origen y un destino, o entre nodos de la red.  Indicadores de fricción al viaje son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia física (Euclídea)</li> <li>• Distancia en redes (por modo)</li> <li>• Tiempo de viaje (por modo)</li> <li>• Tiempo de viaje (por estado de las redes, congestión, flujo libre, etc.)</li> <li>• Costo de viaje (costo del usuario, y costo total)</li> <li>• Calidad de servicio</li> </ul>
2) Indicadores de contorno	Indicadores de contorno (Geurs & Van Eck, 2001)  Modelo de oportunidades acumuladas (Bhat, 2000)	Define las zonas de contorno (captura) mediante la elaboración de uno o más perfiles de tiempo de viaje, en torno a un nodo, y mide la cantidad de oportunidades dentro de cada contorno (puestos de trabajo, empleados, clientes, etc.)
3) Indicadores gravitacionales	Modelo gravitacional (Bhat, 2000)  Indicador de accesibilidad potencial (Geurs & Van Eck, 2001)	Define las zonas de contorno mediante la medición de la fricción de viaje en una escala continua.
4) Indicadores de competencia	Indicadores de competencia (Van Weeetal, 2001)  Indicador de Joseph & Bantock (1982)  Modelo de factor de balance inverso (Geurs & Van Eck, 2001)	Incorpora restricciones de capacidad de las actividades y los usuarios en medidas de accesibilidad.  Pueden hacer uso de cualquiera de los tres métodos anteriores.
5) Indicadores de espacio-tiempo	Indicadores de tiempo-espacio (Bhat, 2000; Geurs & Van Eck, 2001)  Indicador basado en pearson (Geurs & Van Wee, 2004)	Mide la existencia de oportunidades de viaje dentro de una limitación temporal predefinida.
6) Indicadores de utilidad	Indicador de utilidad (Bhat, 2000; Geurs & Van Eck, 2001)  Enfoque de utilidad excedente	Mide los beneficios individuales o sociales de la accesibilidad. Los indicadores pueden ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilidad económica (para el individuo o la comunidad)</li> </ul>



	(Baradaran & Ramjerdi, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beneficios sociales o ambientales (por ejemplo, la inclusión social, el efecto invernadero)</li> <li>• Motivaciones individuales de viajes (por actividad o propósito de viaje)</li> <li>• Beneficios del no-usuario de la infraestructura de transporte</li> </ul>
7) Indicadores de redes	Indicadores de redes: evaluación de centralidad múltiple (Porta, 2006a, 2006b)	Mide centralidad a través de redes enteras. Las redes pueden ser representados por: <ul style="list-style-type: none"> <li>• el enfoque primal (las redes son entendidos como las intersecciones conectadas por segmentos de ruta)</li> <li>• el enfoque dual (redes se entienden como los segmentos de ruta unidos por cruces)</li> </ul>

Fuente: traducción de la tabla presentada en Curtis, 2010.

Los indicadores de separación espacial se basan principalmente en las infraestructuras. Sólo se utiliza la distancia física entre los elementos de infraestructura, y es adecuado para el análisis de los nodos y las estructuras de la red. Es fácil de comprender y calcular y requiere un mínimo de información, de fácil acceso. Sin embargo, no hay ninguna referencia a las actividades (usos del suelo), la distribución espacial de las oportunidades, y/o restricciones de la red en función de velocidades de desplazamiento u otras fuentes de resistencia.

Los indicadores de contorno definen umbrales máximos (tradicionalmente de distancias, tiempos o costos), que representan a los denominados contornos, al interior de los cuales se analizan las distintas oportunidades existentes.

En la determinación de umbrales es común poder lograr acuerdos, sobre todo considerando los objetivos políticos que se persiguen. Un ejemplo de esto es lo que ha hecho el DfT con los indicadores nacionales en Inglaterra. Geurs (2001) sugieren que la principal ventaja de los contornos es que presentan una medida de accesibilidad fácil de explicar, sin suposiciones implícitas acerca de la percepción de la persona sobre el transporte, el uso del suelo, y la interacción de ambos. Sin embargo, Vickerman (1974) y Ben-Akiva y Lerman (1979) cuestionan el supuesto de que todas las oportunidades (por ejemplo de puestos de trabajo) dentro del contorno son igualmente válidas, independientemente de la variación de acceso a ellos.

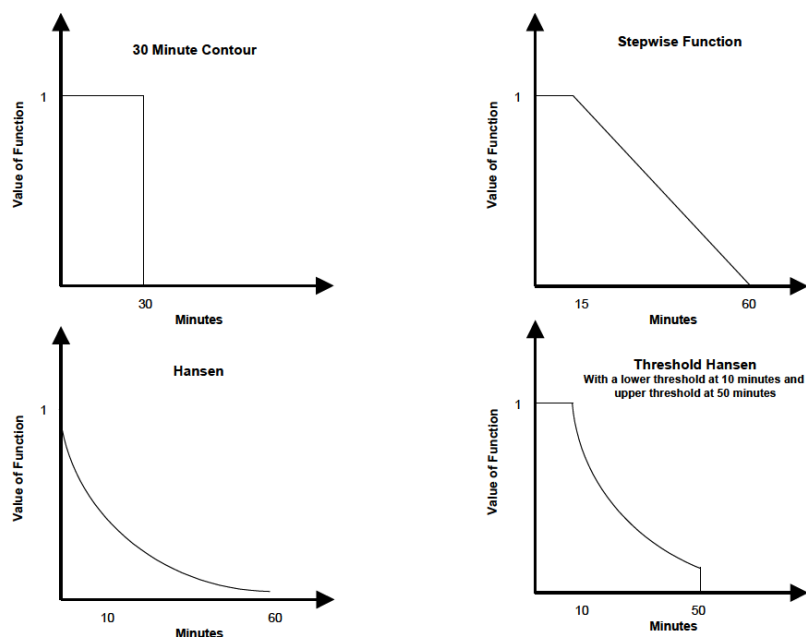
Un ejemplo de modelos bajo este enfoque son los modelos de simulación urbana (autómatas celulares, y modelos basados en agentes), en donde se aprecia en la utilización explícita de las relaciones espaciales locales entre las celdas, al configurar las denominadas vecindades. Luego, se maneja el concepto de "proximidad" en la definición de la vecindad, y su efecto en la ecuación de transición de estado.

La accesibilidad también se considera en los modelos en base a agentes (ABM), pero en una forma más dinámica. Se reconoce en que el movimiento del agente en el espacio de simulación se rige por una función de movimiento que depende del estado de las celdas (bajo el enfoque de autómata celular) y de la separaciones espaciales entre las celdas de su vecindad específica.

También existen indicadores de contorno de medición continua. Estos métodos consideran la determinación de un valor diferente de fricción para cada oportunidad. Una de las principales ventajas de este enfoque es la posibilidad de ajustar los indicadores a los comportamientos individuales observados. Así se puede especificar de mejor forma el comportamiento, pasando de la clasificación de comportamiento social que representa el contorno único.

A continuación se muestran a modo de ejemplo, las distintas funciones continuas de contorno utilizadas en la planificación inglesa (figura II.4.1).

**Figura II.4.1.- Medidas de accesibilidad en escala continua**



Fuente: Halden, 2005

El umbral de contorno se entiende fácilmente, pero generalmente no puede ser ajustada a comportamientos observados, mientras que la función de paso si puede ser fácilmente ajustada al comportamiento observado, pero es más difícil de presentar y comprender. El umbral de Hansen tiene el mejor ajuste con el comportamiento observado, pero es aún más difícil de entender. Por esta razón, la simple medida de Hansen ha demostrado ser la mejor asociación entre la calibración (ajuste a lo observado), y la facilidad de comprensión.

Los indicadores gravitacionales surgen de los modelos gravitacionales, en donde la accesibilidad es representada por una función de fricción continua. A lo largo de los años la variable de espacialidad ha evolucionado hacia el "costo" de acceso. Hansen (1959) llega a formular expresiones que relacionan factores de atracción en la zona de destino ( $B(j)$ ) con la distancia o el costo del viaje. Posteriormente Wilson, asocian el concepto de accesibilidad a los parámetros obtenidos del proceso de balanceo y calibración de modelos de interacción espacial. Es en este tipo de modelos se estructura un nuevo concepto denominado "atractividad". Este concepto engloba a la función de fricción espacial en conjunto con la función de atracción en el destino  $j$ . Es así que cada destino tiene un nivel de atractividad (o atractivo de interacciones), el que depende directamente de la "masa" que atrae

(con todos sus atributos), pero es castigado por la separación espacial (fricción). Es este concepto el que posibilita la integración entre los modelos de usos de suelo o actividades, y los modelos de transporte (LUT).

Una limitación potencial de este enfoque es que el comportamiento a menudo es más complejo que una simple relación lineal o exponencial, por lo que la separación se debe medir de otras maneras.

Los indicadores de espacio-tiempo corresponden a las medidas presentadas en el apartado de geografía del tiempo. Para recordar la esencia de estas, son medidas calibradas con diarios de viaje, para obtener la accesibilidad en términos de las oportunidades disponibles dentro de las ventanas de tiempo definidos, teniendo en cuenta tanto el tiempo necesario para acceder a una oportunidad, como el tiempo mínimo requerido para la participación en ella.

Los indicadores de utilidad se utilizan normalmente en los estudios económicos para calcular el "valor" o beneficios para el individuo o grupo de mejoras en la accesibilidad que resulten de distintas intervenciones. Sin embargo, una desventaja de las medidas de accesibilidad basadas en la utilidad es que no son fáciles de interpretar y requieren una gran cantidad de explicaciones y referencia a otras teorías, tales como modelos de comportamiento de elección de destino, o los modelos de excedente del consumidor.

Un ejemplo de este tipo de enfoque son los modelos de transporte y uso de suelo, en los cuales la accesibilidad se reconoce como el elemento que permite la interacción del sistema de transporte y el de actividades urbanas (Martínez, 1994).

Considerando que tanto el proceso de localización de actividades como el uso del sistema de transporte son, en última instancia, producto de decisiones de individuos y firmas, parece natural y factible obtener consistencia en el análisis mediante el uso de la teoría microeconómica del comportamiento del individuo (residencia) y de la firma (actividad). Así, se supone que los individuos (agrupados en hogares) obtienen beneficios del ejercicio de variadas actividades cuyo total intentan maximizar mediante un uso óptimo de sus recursos tiempo e ingreso (esto constituye la ley de comportamiento del individuo racional). La firma, por su parte, cualquiera sea su actividad, pretende maximizar sus utilidades económicas restringida por la tecnología e insumos disponibles. Por lo tanto es la función de utilidad de hogares y la función de producción de las firmas la que establece el valor económico asociado al acceso a cada actividad urbana, y es en virtud de ese valor que se tomarán decisiones de localización espacial. Por lo tanto, para entender el rol del acceso en las decisiones de localización urbana es necesario entender primero las necesidades de interacción con otras actividades que los hogares y firmas tienen implícitas en sus funciones de utilidad y costo/beneficio respectivamente, y luego intentar representar tales necesidades y percepciones en medidas apropiadas de acceso.

Así, Martínez (1994) define dos conceptos asociados a la idea de acceso, los que son:

- Accesibilidad : definida como la utilidad o beneficio económico que reporta al hogar o firma, el visitar (interactuar) con actividades propias de su quehacer.
- Atractividad : definida como el beneficio económico que extrae el hogar o firma por las visitas que recibe en su entorno.

Notar que accesibilidad es un beneficio directamente percibido por los que hacen viajes, mientras que atractividad es un beneficio a las actividades (hogares y firmas) localizadas en los destinos de los viajes.

El paso siguiente fue interpretar el costo monetario de transporte como un costo generalizado que incluye el consumo de tiempo, comodidad, etc., que tiende a una interpretación más económica que física. Esta relación, unida al desarrollo de la teoría de la utilidad aleatoria, incentivó a formulación de medidas con estricto sentido económico, directamente derivadas del comportamiento individual. Williams y Seniou (1978) interpretan el costo compuesto como una medida de accesibilidad de una determinada localización o zona. Más aún, ellos proponen que tales medidas se pueden interpretar como un excedente asociado a la localización, el que tendría directa interpretación en términos de precios del suelo urbano.